



Esta obra está bajo una [Licencia
Creative Commons Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

DEPARTAMENTO ACADÉMICO AGROSILVO PASTORIL

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

**“MACROINVERTEBRADOS DEL SUELO EN CUATRO UNIDADES
AGROECOLÓGICAS DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN LA
REGIÓN SAN MARTÍN”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

PRESENTADO POR LA BACHILLER:

SAMY CAROLINA TORRES PANDURO

TARAPOTO – PERÚ

2015

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

DEPARTAMENTO ACADÉMICO AGROSILVO PASTORIL

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

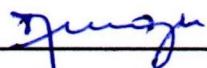
TESIS

**“MACROINVERTEBRADOS DEL SUELO EN CUATRO UNIDADES
AGROECOLÓGICAS DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN LA REGIÓN
SAN MARTÍN”**

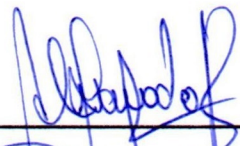
PRESENTADO POR LA BACHILLER:

SAMY CAROLINA TORRES PANDURO

MIEMBROS DEL JURADO



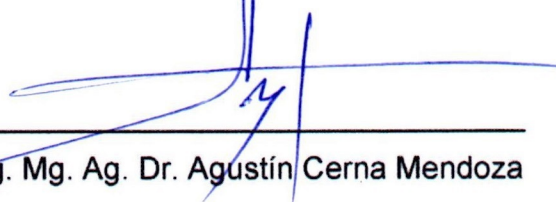
Ing.M. Sc Dr. Carlos Rengifo Saavedra
PRESIDENTE



Ing. Dr. Jaime Walter Alvarado Ramírez
SECRETARIO



Ing. M.Sc. Manuel Santiago Doria Bolaños
MIEMBRO



Ing. Mg. Ag. Dr. Agustín Cerna Mendoza
ASESOR

DEDICATORIA

A:

Mis padres; Otilia Panduro Gonzales y Hernando Torres Chamaya, por darme su amor incondicional, sacrificio, paciencia, sus consejos, por su ejemplo de vida , por enseñarme a conocer el amor de Dios y por todo el apoyo que me brindan para lograr mis proyectos.

Mis hermanos, Omar Hernando Torres Panduro y Cindy Eloisa Torres Panduro, por ser parte de mi vida y formación personal.

A mi abuelita Eufracia González Saldaña, por ser mi ejemplo de fortaleza y sabiduría, a mi tía-madrina Elena Panduro Gonzales por su apoyo incondicional en los momentos difíciles que pasamos en familia.

AGRADECIMIENTO

Agradecer de corazón a todas aquellas personas que me brindaron su apoyo en el proceso de este trabajo, por su colaboración, sus conocimientos, por su amistad y compañerismo.

Al Ing. Mg. Ag. Dr. Agustín Cerna Mendoza, por su apoyo ofrecido y por dedicar su tiempo como mi asesor en este trabajo.

Al Blgo. David Laurel Freitas, investigador del Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP), por haber depositado toda su confianza en mí, brindándome las facilidades y asesoramiento para poder realizar el presente trabajo de investigación; y a toda la familia del IIAP.

A la Universidad Nacional de San Martín – Facultad de Ciencias Agrarias y a todos los docentes que brindaron su conocimiento, contribuyendo en mi desarrollo personal y profesional.

ÍNDICE

	Páginas
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
3.1. Generalidades del cultivo de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.)	4
3.2. Requerimientos edafoclimáticos	5
3.3. Sistemas de producción del cultivo	8
3.4. Los macroinvertebrados en el suelo	12
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	25
4.1. Área de estudio	25
4.2. Metodología	27
V. RESULTADOS	36
5.1. Densidad de macroinvertebrados del suelo	36
5.2. Principales grupos taxonómicos encontrados	36
5.3. Biomasa de macroinvertebrados del suelo	36
5.4. Distribución vertical de densidad y biomasa	41
5.5. Distribución vertical de la biomasa de los grupos taxonómicos más importantes	42
5.6. Relación entre altitud, edad, población, pH, materia orgánica y Pendiente	43

VI.	DISCUSIONES	44
VII.	CONCLUSIONES	53
VIII.	RECOMENDACIONES	55
IX.	REFERENCIAS	56

RESUMEN

SUMMARY

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

	Páginas
Figura 01: Área seleccionada con los puntos de muestreo	27
Figura 02: Bastidor de madera señalando el área a coleccionar.	27
Figura 03: Diseño de la calicata	27
Figura 04: Diseño de la Calicata para el muestreo	27
Figura 05: Recojo de hojarasca.	30
Figura 06: colecta de macroinvertebrados.	30
Figura 07: Colecta y almacenados en un frasco.	30
Figura 08: Calicata para obtener los demás estratos	30
Figura 09: Macroinvertebrados	38
Figura 10: Densidad poblacional de macroinvertebrados	39
Figura 11: Biomasa de macroinvertebrados	40

ÍNDICE DE CUADROS

	Páginas.
Cuadro 01: Densidad poblacional y grupos taxonómicos	37
Cuadro 02: Densidad poblacional de macroinvertebrados de los 5 grupos taxonómicos más representativos	39
Cuadro 03: Biomasa de macroinvertebrados, de los 5 grupos taxonómicos más importantes	40
Cuadro 04: Distribución vertical de la densidad de macroinvertebrados.	41
Cuadro 05: Distribución vertical de biomasa.	41
Cuadro 06: Distribución vertical de biomasa (g/m^2), de 5 grupos taxonómicos más importantes.	42
Cuadro 07: Relación entre altitud, edad, población, pH, materia orgánica y pendiente	43

I. INTRODUCCIÓN

La Amazonía es uno de los ecosistemas más complejos del planeta, donde se interrelaciona la flora, fauna (macro y micro), suelo, agua y aire; manteniéndose un ambiente equilibrado, a través de la fertilidad del suelo. Igualmente se mantiene la regulación natural de las plagas por medio de sus enemigos naturales, el funcionamiento continuo de una comunidad macro y microbiana en el suelo y, los rendimientos de los cultivos sostenidos (Altieri, 1995).

Así también, el recurso suelo es fundamental para la sostenibilidad de los agroecosistemas, este cumple tres funciones esenciales: actúa como medio para el crecimiento de plantas y desarrollo de la actividad biológica, regula la reserva y flujo de agua, y degrada compuestos contaminantes para el ambiente (Larson y Pearce, 1994).

Los organismos del suelo son de varios tamaños, siendo clasificados en: Macro, meso y microbiota (FAO AGL, 2004). Los macroinvertebrados son diversos y abundantes, cumpliendo roles diferentes en los ecosistemas. En el suelo, son muy importantes porque descomponen la materia orgánica y liberan nutrientes, así mismo; ejercen efectos en los procesos que determinan la fertilidad del suelo (Lavelle y Spain, 2001).

“Son utilizados como indicadores de la calidad del suelo y de ambientes degradados. Los macroinvertebrados son proveedores de servicios ambientales, por ejemplo, contribuyen en el secuestro de carbono en el suelo” (Lavelle *et al.*, 2006; Brussaard *et*

al., 2007). “Actúan así mismo en la transformación de la hojarasca, aireación del suelo y formación de estructuras; regulando así características de disponibilidad de nutrientes para las plantas” (Lavelle, 1996).

El cacao es una *sterculiaceae* que ha adquirido importancia significativa a nivel mundial. Su amplia potencialidad en la industria alimentaria, cosmética y farmacéutica, ha sido razón suficiente para que estos últimos años sea considerado uno de los cultivos perennes más importantes del planeta (Almeida y Valle 2007; ICCO 2007; Kalvatchev *et al.*, 1999.)

En la región San Martín, se ha intensificado el cultivo de muchas especies importantes de plantas amazónicas siendo una de ellas el cacao, aparte de su valor comercial y alimenticio, es un cultivo que contribuye a la reforestación favoreciendo la conservación ecológica del ambiente. Además es uno de los cultivos usado por el estado, como cultivo alternativo al sembrío de coca.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Evaluar la comunidad de macroinvertebrados del suelo en diferentes unidades agroecológicas del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la región San Martín.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar la riqueza, densidad y biomasa de los macroinvertebrados del suelo en diferentes unidades agroecológicas en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la región San Martín.
- Cuantificar los macroinvertebrados del suelo en una distribución vertical hasta los 30 cm de profundidad, en diferentes unidades agroecológicas en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la región San Martín.

III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. Generalidades del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.)

3.1.1. Origen y distribución geográfica

“Estudios recientes confirman que la región alta del Amazonas, una zona que comprende territorios de Perú, Colombia y Ecuador es el lugar donde se encuentra la mayor diversidad genética del cacao, por lo tanto se considera su centro de origen” (Lanuad *et al.*, 2000)

“La dispersión por diversos lugares ha sido originada por influencia del hombre y animales, generando cruzamientos o híbridos espontáneos; así como posibles mutaciones que han creado numerosos fenotipos de cacao comercial, que hoy se cultivan”(CNCH, 1988).

3.1.2. Clasificación taxonómica

Motomayor (2001) menciona que, la clasificación taxonómica es la siguiente:

Reino	: Plantae
Phylum	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Orden	: Malvales
Familia	: Sterculiaceae
Género	: Theobroma
Especie	: <i>cacao</i>

3.1.3. Descripción de la planta

El cacao, es un árbol que presenta un marcado dimorfismo de ramas. En una planta que proviene de semilla hay un solo eje vertical, que alcanza de 1 a 1,5 m de altura, detiene el crecimiento apical y emite en la parte superior de 3 a 5 ramas laterales. Estas brotan de yemas tan juntas que parecieran que salieran del mismo plano y forman una horqueta, cuando en realidad son nudos distintos, cuyo nivel de separación es muy corta. Para continuar el crecimiento vertical brota de bajo de la horqueta una yema, rara vez dos o tres, que se desarrollan en otro tallo ortotrópico a cuyo extremo se detiene de nuevo el crecimiento apical; se forma así otro piso y continua así el proceso (León, 2000).

3.2. Requerimientos edafoclimáticos

3.2.1. Clima

Temperatura: “Componente relacionado con la fenología del cultivo. La temperatura media anual debe estar entre 24°C a 26°C y no debe exceder los 30°C; temperatura media no debe ser inferior a 15°C; las oscilaciones diarias de temperaturas entre el día y la noche no deben ser inferiores a 9°C” (ICT, 2004).

Precipitación: “Este cultivo es muy sensible a la falta de humedad del suelo y necesita un adecuado suministro de agua para efectuar sus procesos metabólicos. La lluvia presenta grandes variaciones a través del año. La precipitación no debería ser menor de 100 mm mes⁻¹” (ICT, 2004).

Humedad Relativa: “El cacao es una planta xerófila, por tanto se afecta mucho si se presentan períodos secos prolongados y de humedad relativa baja. La humedad relativa óptima está entre 70 a 80 %” (Liberato, y Díaz, 2000).

Luminosidad: “La función fotosintética depende de la luminosidad. En el cacao la fotosíntesis ocurre con baja intensidad aun cuando la planta está a plena exposición solar. El factor sombra está relacionado con este componente climático. Una intensidad lumínica menor de 50% limita los rendimientos, mientras que una intensidad lumínica ligeramente superior al 50% lo incrementa” (ICT, 2004).

Altitud: “El cacao es una planta que se cultiva desde el nivel del mar hasta alturas de 1000 msnm. El rango óptimo se encuentra entre los 250 y 900 msnm.” (ICT, 2004).

Viento: “Es un componente climático que determina la velocidad de evapotranspiración del agua en la superficie del suelo y de la planta.

Cuando la plantación está expuesta a continuos vientos pierde la humedad de las hojas rápidamente, cierran sus estomas y, en general, disminuye la fotosíntesis. Cuando es demasiado fuerte destruye las ramas de los árboles, provocando la caída de las flores y ocasionalmente el de los árboles” (ICT, 2004).

3.2.2. Suelo

Los suelos más apropiados son los aluviales, de textura franca, profundos con subsuelo permeable, no recomendándose los arenosos. Está relacionado con el desarrollo del sistema radicular que llega a los 1,5 m o más si las condiciones así lo permiten no sólo debe tener buenas condiciones físicas y químicas en los primeros 30 cm. de profundidad, también en los horizontes inferiores (ICT, 2004).

El suelo debe tener buen drenaje, fácil de drenar con la construcción de canales (ICT, 2004). El rango del pH óptimo se encuentra entre 5,5 a 6,5, en cuanto a rangos mínimos y máximos van desde 5,0 – 7,5 y de 4,5 – 8,5 (ICT, 2004). El cacao necesita una adecuada cantidad de materia orgánica que dependerá de las condiciones físicas y biológicas del suelo, es recomendable que los suelos que se seleccionen para el cacao tengan un contenido de materia orgánica no menor de 3% (ICT, 2004).

3.3. Sistemas de producción del cultivo

La Amazonía Peruana tiene diversos tipos de clima y suelo donde se cultiva cacao. Sin embargo aún en zonas climatológicamente adecuadas no es prudente elegir al azar el lugar de su instalación; las variaciones de clima, en especial la cantidad y distribución de la lluvia imponen un cambio en las características del suelo requeridas para un crecimiento óptimo (ICT, 2004).

Una zona de vida es un grupo de asociaciones vegetales dentro de una división natural del clima, que se hacen teniendo en cuenta las condiciones edáficas y las etapas de sucesión, y que tienen una fisonomía similar en cualquier parte del mundo (Holdridge, 1978)

Sistemas de Instalación del Cultivo: Se refiere explícitamente a los siguientes sistemas de instalación:

1. Cultivos con purma con entresaque selectivo de árboles para sombra permanente.
2. Cultivos en purma con entresaque selectivo para sombra temporal e introducción de especies para sombra permanente.
3. Cultivos con establecimiento de sombra temporal (cultivos semipermanentes) y permanentes (especies leguminosas arbóreas).

Instalación y manejo de la sombra en el cacaotal: El término cacaotal incluye además de la plantación de cacao, las plantas de piso, otros cultivos asociados y

las plantas del dosel de sombra. Donde dosel es definido como el volumen que contiene toda la vegetación de la plantación; y la sombra se refiere únicamente a los cambios en la cantidad, calidad y distribución temporal y espacial de la radiación solar dentro de la plantación. Provocados por la intercepción de las copas de los árboles, barreras topográficas, vegetación colindante y nubosidad. Por otro lado, el concepto “sombra” ha sido utilizado para describir el conjunto de cambios que se producen en el microclima de la plantación cacaotera: Radiación solar, viento, humedad relativa, temperatura y luz ultravioleta, etc. (ICT, 2004).

Las especies a considerar para el dosel de sombra son muchas y no sólo basta con saber los usos, bienes y servicios que proveen, sino también las características que determinan el tipo de sombra que proyecta cada especie, es decir: Altura a la que se ubica la copa, ancho y opacidad de la copa, y caducifolio (meses sin follaje). Por otro lado, si se considera sólo a la planta de cacao o sea la autosombra va a depender de muchos factores como la edad, densidad de la población, pendientes o laderas, nubosidad y vientos, la distribución espacial de la sombra y la altura de la copa de la sombra (ICT, 2004).

3.3.1. Sistemas de producción en agroforestería

Agroforestería es sinónimo de recuperación del entorno medio ambiental y es definida como: “Nombre colectivo para sistemas de uso de la tierra y prácticas en las cuales los árboles perennes maderables se integran deliberadamente con cultivos y/o animales en la misma unidad de manejo;

la integración puede ser como mezcla espacial o como secuencia temporal. Hay normalmente interacciones tanto ecológicas como económicas entre lo maderable y lo no maderable en el campo de la agroforestería”, (ICRAF, 1993).

Sembrío permanente: Se utilizan árboles de porte alto, lógicamente más elevados que el cacao, leñosos, en lo posible de utilidad económica (maderables, frutales). En términos generales se requiere que los sembríos sean productivos, es decir que aporten económicamente al sistema, por ello hoy se recomiendan especies valiosas por su madera (ICT, 2004).

Sistema de sombrío permanente periférico: Este tipo de combinación es practicado generalmente en regiones donde los vientos alcanzan velocidades excesivas. Consiste en hacer hileras de árboles a 3 o 5 metros por todo el perímetro del lote de cacao (ICT, 2004).

3.3.2. Sistemas de producción con cultivos intercalados

Cultivos de ciclo corto: Para aprovechar el terreno en las primeras etapas de desarrollo del sistema cacao, se puede utilizar especies de ciclo corto, las cuales son benéficas para el sistema. Al mismo tiempo producen ingresos al productor, contribuyen con el control de las malezas e incluso ahorran fertilizante, como en el caso de las leguminosas que tienen la posibilidad de aportar nitrógeno al suelo (Fedecacao, 2001).

Estos cultivos se establecen a partir de la preparación del terreno y se desarrollan hasta alrededor de los seis meses, cuando los sombríos transitorios han empezado a hacer una mayor intercepción de la luz (Fedecacao, 2001).

Sombrío transitorio: Las especies que más comúnmente se usan como sombra transitoria del cacao son similares al plátano (*Musa* sp.). El plátano es el cultivo intercalado por excelencia benéfico para el cacao proveedor de una sombra adecuada y generador de ingresos económicos para el productor. Sus características biológicas y morfológicas permiten el manejo de la plantación para racionalizar la cantidad de sombra de tal manera que se pueda disminuir sintéticamente a medida que el cacao se va haciendo adulto (Fedecacao, 2001).

Sistema de siembra permanente en bandas o franjas: Este sistema es típicamente zonal que busca un mejor aprovechamiento de la luz, permitiendo la mecanización, el control más eficiente de enfermedades y lógicamente la diversificación de los productos en un área determinada como plátanos, cítricos, especies maderables, etc. En caso de cacao se acostumbra también a sembrar en bandas dobles o triples y a distancias cortas (Fedecacao, 2001).

3.4. Los macroinvertebrados en el suelo

La biodiversidad del suelo alberga más del 25% de la que existe en todo el planeta y, en términos generales, es la que menos se conoce. Como lo afirmó el Dr. José Sarukhán, fundador de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad de México, “¿Se sabe más de las estrellas que de los organismos del suelo!” (Moreira *et al.*, 2012).

El conocimiento de esta biodiversidad se ha dejado de lado durante mucho tiempo por la dificultad para abordarla, pero ahora sabemos que interviene y participa ampliamente en los servicios ambientales que brinda el suelo: Por una parte, el ciclaje de nutrientes, la fijación de nitrógeno, la regulación de la dinámica de la materia orgánica del suelo, la captura de carbono y la reducción de emisiones de gases traza (CO_2 , N_2O , CH_4). Estas actividades son realizadas principalmente por el grupo funcional de los ingenieros químicos del ecosistema, es decir, las bacterias, hongos y protozoarios y los reguladores biológicos como los ácaros, colémbolos y nematodos. Por otra parte, la elaboración de la estructura del suelo y el mantenimiento del régimen hídrico la desarrollan los ingenieros del ecosistema, que son las lombrices de tierra (Haplotaxiada), hormigas (Hymenoptera), termitas (Isoptera), escarabajos (Coleoptera). Cabe mencionar que un tipo de organismo puede participar en varios grupos funcionales (Moreira *et al.*, 2012).

Los macroinvertebrados (lombrices, termitas y hormigas), son animales visibles (diámetro > 2 mm o longitud > 10 mm) que desarrollan por lo menos parte del ciclo

de vida en el suelo, son importantes en los procesos que ocurren en éste, en la vida de otras comunidades y en el mantenimiento de la fertilidad y estructura de los suelos (Lavelle y Spain, 2001).

La diversidad, abundancia y biomasa son valiosos indicadores de los procesos de degradación que tienen lugar en los suelos agrícolas, debido a que las prácticas de manejo son la principal fuente de estrés y perturbación que provoca cambios en la estructura y función de las comunidades (Linden *et al.*, 1994). De hecho diversos autores proponen que una diversidad de taxa, o algunos grupos dominantes, pueden revelar información sobre la calidad del suelo (Klemens *et al.*, 2003).

Los macroinvertebrados (lombrices, termitas y hormigas), son denominados los ingenieros del ecosistema, con efectos directos sobre las propiedades del suelo y procesos de humificación y mineralización de la materia orgánica (Lal, 1988; Jones *et al.* 1994).

3.4.1. Indicadores de la calidad del suelo

La macrofauna del suelo poco es considerada al momento de establecer las diferentes prácticas agrícolas; no obstante, puede ser afectada por el impacto que ocasiona la labranza y el uso de insumos químicos, condición que se refleja en la reducción o eliminación de especies y en la disminución de la biomasa de estas poblaciones. Dada la susceptibilidad a ser afectada

por dichas prácticas, la macrofauna se ha establecido como un indicador de la calidad de los suelos (Feijoo *et al.*, 1999).

Sus actividades se realizan a una escala de centímetros a decímetros y junto con las raíces, determinan la arquitectura del suelo a través de la acumulación de agregados y poros de diferente tamaño (Lavelle *et al.*, 2006), lo que repercute en la estructura del suelo (Blanchart *et al.*, 1997) y en la fertilidad del mismo. Por otra parte, el estado de las propiedades dinámicas del suelo, como son el contenido de materia orgánica, la diversidad de organismos, o los productos microbianos en un tiempo particular permiten establecer la salud del suelo (Romig *et al.*, 1995).

Como indicadores de la calidad del suelo pueden ser empleadas las propiedades físicas, químicas, biológicas y/o procesos que ocurren en él (Soil Quality Institute, 1996). Éstos pueden variar de una localidad a otra dependiendo del tipo, uso, función y de los factores de formación del suelo (Arshad y Coen, 1992).

Los invertebrados pueden ser considerados como indicadores de la calidad del suelo. Debido a que su diversidad, su número y sus funciones son sensibles al estrés y al cambio ambiental en las condiciones del suelo, asociados a la labranza, la aplicación de fertilizantes y plaguicidas, las

quemadas, la tala y otras actividades realizadas en los sistemas de cultivo (Blair *et al.*, 1996).

La composición y abundancia de las comunidades de macroinvertebrados, son muy sensibles a las diferentes prácticas de manejo del suelo (Lavelle *et al.*, 1992). Los macroinvertebrados distribuidos en diferentes ecosistemas naturales pueden ser en cada sistema muy disímiles. Donde una mayor abundancia y diversidad de fauna del suelo puede ayudar a asegurar un eficiente ciclaje de nutrientes y un rápido crecimiento de las plantas (Spain *et al.*, 1992).

Los macroinvertebrados del suelo son importantes reguladores de muchos procesos del ecosistema: Tienen efectos positivos en la conservación de la estructura del suelo, actúan sobre el microclima y la aireación; en el movimiento y retención de agua, en el intercambio gaseoso y en las propiedades químicas y nutricionales del mismo, pueden activar o inhibir la función de los microorganismos y están involucrados en la conservación y ciclaje de nutrientes (Wolters y Ekschmitt, 1997; Lavelle y Spain, 2001).

“Los indicadores biológicos integran gran cantidad de factores que afectan la calidad del suelo como la abundancia y los subproductos de los macroinvertebrados” (Karlen *et al.*, 1997).

Los macroinvertebrados rompen, transportan y mezclan el suelo al construir galerías, nidos, sitios de alimentación (Villani *et al.*, 1999); afectan procesos de manera directa (incorporación y redistribución de varios materiales) o indirecta (formación de comunidades microbianas, transporte de propágulos, antibiosis o reducción selectiva de la viabilidad, etc.) (Wolters, 2000).

Los macroinvertebrados del suelo desempeñan un papel clave en los procesos que determinan la fertilidad y la estructura física del suelo, regulando así características de disponibilidad de nutrientes para las plantas (Lavelle *et al.*, 1994).

En particular el manejo en áreas de suelos infértiles, los efectos de los macroinvertebrados en los procesos bióticos son tan intensos en la escala temporal que algunos autores los han denominado ingenieros del ecosistema (Vohland y Schroth, 1999; Lavelle, 1996). Las lombrices son de especial interés dentro de la fauna edáfica por su mayor presencia y biomasa, cumplen un importante papel estructural, ya que sus galerías facilitan el crecimiento de las raíces, sus excrementos retienen agua y contienen importantes nutrientes para las plantas (Ibáñez *et al.*, 2004).

En los sistemas tropicales, está demostrado que los macroinvertebrados desempeñan un papel clave en los procesos que determinan la

conservación y fertilidad del suelo, al regular la disponibilidad de minerales asimilables por las plantas y favorecer la estructura del suelo, influyendo en las condiciones de vida, la abundancia y composición de otras comunidades del suelo (Feijoo *et al.*, 1999). Propiedades físicas tales como la estructura, la porosidad y la capacidad de retención de agua, permiten un crecimiento y desarrollo adecuado de las partes subterráneas de las plantas y, en consecuencia, de las aéreas, al evitar algún estrés fisiológico (Astier-Calderón *et al.*, 2002).

3.4.2. Relación entre la fertilidad del suelo y su población

Los macroinvertebrados del suelo intervienen en los procesos de infiltración, aireación e incorporación de materia orgánica en el suelo, y las condiciones biológicas del suelo se ven alteradas cuando existe un uso continuo de agroquímicos o el suelo es arado (Huerta, 2007). En un sentido amplio, la fertilidad integra los atributos físicos, químicos y biológicos del suelo, al abastecer de agua, nutrientes y dando lugar a un sustrato para las plantas (Pieri, 1989; Astier-Calderón *et al.*, 2002).

3.4.3. Actividad de los macroinvertebrados

Los macroinvertebrados influyen de manera fundamental en procesos esenciales para los hábitat en los que se desarrollan (Coleman y Hendrix, 2000). Los macroinvertebrados alteran la producción primaria, la estructura

del suelo, los patrones de actividad microbiana, las dinámicas de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes en los agroecosistemas (Bonkowski *et al.*, 2000). Los macroinvertebrados están íntimamente asociados a los procesos de descomposición de la materia orgánica y ciclaje de nutrientes que son fundamentalmente importantes para el mantenimiento de la productividad en las culturas y prácticas de manejo utilizadas en un sistema de producción (Tapia-Coral, 2004)

3.4.4. Influencia de factores bióticos y abióticos

Los invertebrados terrestres en suelos de Várzea en la Amazonía Central están ligados a diversos factores ambientales, principalmente microclima, materia orgánica y disponibilidad de alimentos, siendo estos factores dependientes de cada tipo de ambiente (Pereira 1993). En suelos arenosos de la Amazonía Central las perturbaciones ambientales influyen en las poblaciones de invertebrados del suelo. Así mismo; existen factores que intervienen directamente en las comunidades de invertebrados del suelo, como la biomasa microbiana y la cantidad de hojarasca producida (Harada y Bandeira 1994).

En un estudio de la fauna edáfica en bosques y plantaciones de coníferas, tanto la diversidad, riqueza y abundancia de las comunidades de organismos son afectados cuando las condiciones naturales se alteran. Esto ocurre generalmente por acción antrópica, lo cual incide en el

crecimiento de las poblaciones, que en forma natural, están reguladas por otros factores que desaparecen al modificarse el uso del recurso (Camero y Chamorro, 1999).

En sistemas agroforestales en la Amazonía Central, la población de artrópodos del suelo es perturbada por la tumba y quema de la vegetación, esto provoca la muerte de una gran cantidad de animales del suelo, alterando de este modo la diversidad faunística del área (Tapia-Coral *et al.*, 1999). Los invertebrados están condicionados por tres factores primordiales como la temperatura, pH, humedad y materia orgánica (Villalobos *et al.*, 2000).

La comunidad de macroinvertebrados evaluada en 22 sistemas de uso del suelo en las zonas de Yurimaguas y Pucallpa, muestran que en bosque primario, no intervenido e intervenido, existe una diversidad muy rica dominada por oligoquetos, isópteros y miriápodos. Así mismo; afirma que en los sistemas agroforestales con cobertura de leguminosas, los macroinvertebrados se presentan con una alta diversidad, ocurriendo todo lo contrario en los sistemas con cobertura de malezas, que se encuentran por debajo de un bosque secundario (Pashanasi, 2001).

La biodiversidad en los ecosistemas terrestres está cambiando debido a las actividades desarrolladas por el ser humano. En particular, la actividad

agrícola produce una reducción en la biodiversidad del suelo. Sin embargo; aún no está claramente establecida la relación entre la biodiversidad del suelo y su funcionamiento, y por lo tanto, no se puede precisar la consecuencia funcional de su variación (Ivon, 2002).

En estudio para evaluar la comunidad de macroinvertebrados del suelo en sistemas de uso de tierra al oeste de la Amazonía Brasileña, que todas las prácticas que se realizan en esos ambientes son capaces de mostrar una considerable comunidad macrofaunal con comunidades agroforestales bastante similar al de los bosques perturbados, (Barros *et al.*, 2002).

En los bosques de la Amazonía Oriental, la tala de estos constituye una perturbación mayor para la macrofauna del suelo (hormigas, termitas y arañas) y que el potencial de recuperación de la macrofauna del suelo después de 6 o 7 años es mucho mayor en las purmas que en los pastizales; en consecuencia las purmas pueden jugar un papel importante en la conservación de la macrofauna del suelo (Mathieu *et al.*, 2005).

En una investigación realizada en ecosistemas naturales y manejados en México, las lombrices de tierra como cualquier otro organismo están sujetas a cambios en relación al manejo que se le dé al suelo. Así mismo; consideran que la mayor riqueza de las comunidades de lombrices de tierra, se localiza sólo en ecosistemas naturales, ya que dentro de los ambientes manejados los policultivos son agroecosistemas que amortiguan el efecto

del manejo. Concluyendo que en los sistemas agrícolas con mayor cobertura vegetal, presentan una diversidad máxima de lombrices de tierra con especies predominantemente nativas (Huerta *et al.*, 2005).

En los suelos de la cuenca del río Cauca – Colombia, existen diferencias significativas en relación a la abundancia, composición de grupos funcionales y parámetros de biomasa de artrópodos, en un bosque nativo y en uno de coníferas; estas diferencias puede deberse a cambios en la estructura trófica de los ecosistemas nativos por razones de intervención antrópica (Camero *et al.*, 2005).

Los factores ambientales, la heterogeneidad de los recursos del suelo y los procesos poblacionales interactúan para formar los patrones espaciales complejos propios de las comunidades edáficas (Ettema y Wardle, 2002).

Los sistemas de manejo y preparación del suelo afectan la estructura de los grupos taxonómicos dominantes de la macrofauna edáfica, como también los sistemas agroforestales propician mejores características químicas del suelo y aumentos en la abundancia y riqueza de especies de la macrofauna de invertebrados del suelo (De Lima *et al.*, 2010).

3.4.5. Población en el perfil de suelo

En un estudio en ecosistema de arena blanca en época lluviosa en Manaus – Brasil, encontraron que la mayor abundancia de artrópodos se encuentra en el estrato de 0 – 3,5 cm. siendo los ácaros y los collémbolos los grupos más abundantes, con 80% del total encontrado. Así mismo; afirma que a medida que la profundidad del suelo aumenta, la abundancia de artrópodos decrece (Adis *et al.*, 1989).

En un estudio realizado en varios tipos de uso de tierra en la cuenca del río Cabuyal en Colombia, encontraron que tanto la densidad, biomasa y diversidad de lombrices de tierra varía considerablemente según el tipo de uso del suelo y la profundidad de este; ocurriendo los valores taxonómicos más altos en el bosque con 98 grupos, disminuyendo dramáticamente en los pastos con 28 y 13 grupos, y finalmente en chacras entre 31 y 18 grupos (Feijoo *et al.*, 1999).

En un estudio de la macrofauna edáfica en cultivos de *Zea mays* durante la fase post cosecha en el Centro de Investigaciones Costeras “La Mancha” Veracruz, encontraron que la densidad (246 individuos/m²) de la macrofauna del suelo estudiado; es notablemente baja en comparación a otros agroecosistemas del mundo, distribuyéndose la mayor parte de las morfoespecies en el primer o segundo estrato del suelo (Villalobos *et al.*, 2000).

En un estudio al Oeste de la Amazonía Brasileira se compararon tres factores que influyen en la composición de los macroinvertebrados; como son profundidad, cubierta del suelo y altura de la vegetación; resultando que todos los factores afectan significativamente a la riqueza de las morfo especies y a la densidad de la macrofauna muy en especial el factor profundidad del suelo (Mathieu *et al.*, 2004).

"Es muy importante la presencia de diplópodos e isópodos en el suelo, puesto que, ellos están situados en el grupo de los descomponedores primarios de ambientes forestales" (Pereira, 1993).

La mayoría de los escarabajos depositan sus huevos dentro del suelo, donde se desarrollan hasta el estado larval, donde dependen únicamente del suelo para adquirir alimento. Otras especies usan el suelo durante la etapa adulta buscando alimento como pequeños animales, plantas raíces, hongos y materia húmica (Hall, 2001).

La mayoría de los organismos del suelo se encuentran en los primeros 20 centímetros de su perfil, la erosión puede llegar a nulificar todos los demás procesos degenerativos; de manera que causará un impacto inmediato en la biodiversidad del suelo que fácilmente se antepondrá al efecto combinado de todos los factores mencionados; así, la erosión del suelo significa la más catastrófica de las alteraciones (Moreira *et al.*, 2012).

Los ingenieros del suelo en los bosques secundarios y en general en todos los usos, respecto a la densidad, tuvieron una fuerte influencia de termitas u hormigas, y en la biomasa se destacaron las lombrices de tierra. (Luizão 1995 y Barros *et al.*, 2002) también encontraron mayor densidad de estos insectos sociales entre toda la fauna edáfica en los bosques, los pastizales y los sistemas de cultivos de la Amazonía brasileña; (Linares 2009), detectaron a los ingenieros del suelo, incluyendo las lombrices de tierra, como los más abundantes en los bosques y los sistemas agroforestales de Perú.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Área de estudio

El estudio se realizó en cuatro unidades agroecológicas de “cacao”, una en Chirapa distrito de Rumisapa y la siguiente en Metilluyoc distrito de Caynarachi, ambos en la provincia de Lamas; Soledad en el distrito de Pajarillo y Campanilla distrito de Campanilla ambos en la provincia de Mariscal Cáceres región San Martín.

4.1.1. Ubicación política y geo referencial

Localidad de Chirapa (CHI)

Distrito	:	Rumisapa
Provincia	:	Lamas
Departamento	:	San Martín
Latitud sur	:	6° 25' 52.8''
Longitud oeste	:	76° 27' 37.8''
Altitud	:	909 m.s.n.m.m.
Zona de vida	:	Bosque Seco Tropical. Holdridge 1978
Propietario	:	Marcelino Tapullima Pashanasi

Localidad de Soledad (SLS)

Distrito	:	Pajarillo
Provincia	:	Mariscal Cáceres
Departamento	:	San Martín

Latitud sur : 07° 21' 24.5''
Longitud oeste : 76° 36' 16.7''
Altitud : 435 m.s.n.m.m.
Zona de vida : Bosque SecoTropical. Holdridge 1978
Propietario : Esteban Altamirano

Localidad de Metilluyoc (MET)

Distrito : Caynarachi
Provincia : Lamas
Departamento : San Martín
Latitud sur : 6° 17' 19.6''
Longitud oeste : 76° 13' 14.1''
Altitud : 183 m.s.n.m.m.
Zona de vida : Bosque Húmedo Tropical. Holdridge 1978
Propietario : SAC

Localidad de Campanilla (CMP)

Distrito : Campanilla
Provincia : Mariscal Cáceres
Departamento : San Martín
Latitud sur : 07° 30' 58''
Longitud oeste : 76° 37' 43.6''
Altitud : 365 m.s.n.m.m.
Zona de vida : Bosque SecoTropical. Holdridge 1978
Propietario : Cesar Armando Trigoso Lolo

4.2. Metodología

Para el muestreo de los macroinvertebrados del suelo se empleó la metodología TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility, IUBS/UNESCO) (Anderson e Ingram, 1993) que consiste en establecer un transecto, cuyo origen y dirección es escogido al azar, donde se ubica los puntos de muestreo a una distancia de 10 m (Figura 1), en cada una de las cuales se colocó un bastidor de madera de 25 x 25 cm. (Figura 2). Luego se cavó una zanja en forma de “L” alrededor del bastidor de madera hasta llegar a los 30 cm. (Figura 3); obteniendo una calicata con estratos de 0–10 cm, 10–20 cm y 20–30 cm (Figura 4).

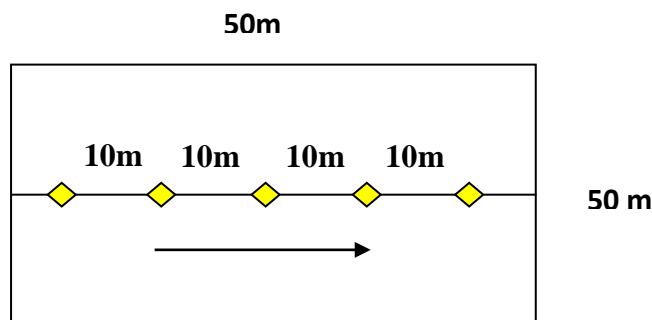


Figura 1: Área seleccionada con los puntos de muestreo.

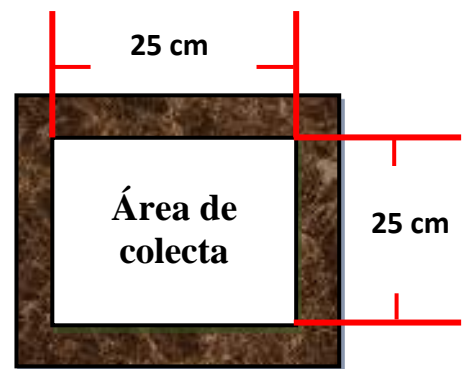


Figura 2: Bastidor o cuadrado de madera señalando el área a colectar.



Figura 3: Diseño de la calicata.

4.2.1. Características de las parcelas evaluadas

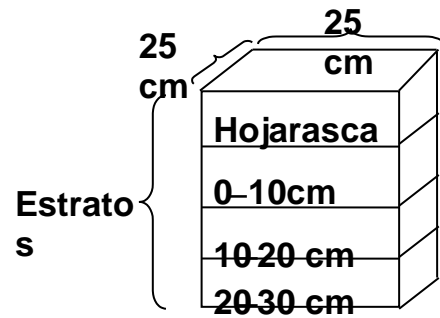


Figura 4: Diseño de la Calicata para el muestreo de macroinvertebrados del Suelo.

Se seleccionaron las parcelas de cacao de las provincias Lamas y Mariscal Cáceres, con edad variable entre 3 y 7 años en diferentes sistemas de manejo, tal como se describe a continuación.

Unidades agroecológicas evaluadas

Chirapa (CHI)

Cultivo de cacao (6 años), agroforestal asociado con capirona, marupa y caoba, con una pendiente de 15%, presenta una textura arcilloso, con pH 5,05 y M.O. 2,21%

Soledad (SLS)

Cultivo de cacao (6 años), agroforestal asociado con capirona, presenta pendiente de 11,5%, textura franco arcilloso arenoso, pH 6,52 y M.O. 3, 96%

Metilluyoc (MET)

Cultivo de cacao (3 años), monocultivo presenta pendiente de 12%, textura franco arcilloso arenoso, pH 4,67 y M.O. 3, 79 %

Campanilla (CMP)

Cultivo de cacao (7 años), monocultivo, presenta pendiente 45%, textura franco arcilloso arenoso, pH 5,94 y M.O. 5,61%

4.2.2. Colecta de macroinvertebrados

La colecta se realizó en dos periodos, periodo seco (Julio - agosto del 2012), y periodo lluvioso (marzo - abril del 2013). Consistió en coleccionar macroinvertebrados, identificación, conteo y cálculo de la biomasa.

Se colocó el bastidor en un punto establecido y con la ayuda de un machete se procedió a recoger la hojarasca y se depositó dentro de una fuente de plástico de color blanco de 40 x 30 cm (Figura 5). Seguidamente se colectó los macroinvertebrados (> de 2 mm. de diámetro) en el mismo campo con la ayuda de pinceles y pinzas entomológicas (Figura 6). Posteriormente fueron depositados en frascos de plástico con tapa rosca y hermética, que fueron debidamente rotulados (fecha, parcela, unidad agroecológica y estrato) conteniendo alcohol al 70% (Figura 7) para conservarlos. Ya diseñada la calicata de 25 x 25 x 30 cm, se separó en los estratos ya establecidos anteriormente, con ayuda de un machete y pala se extrajeron los demás estratos (Figura 8) para ser depositados en el recipiente respectivo (40x30

cm); luego se procedió a coleccionar los macroinvertebrados con el mismo método que se realizó en el caso de la hojarasca. Todas las muestras colectadas fueron llevadas al Laboratorio de Entomología del IIAP–San Martín para su identificación.



Figura 5: Recojo de hojarasca.



Figura 6: colecta de macroinvertebrados.



Figura 7: Colecta y almacenados en un frasco.



Figura 8: Calicata para obtener los demás estratos.

4.2.3. Identificación de macroinvertebrados

Con ayuda de un microscopio estereoscopio se realizó la identificación hasta categoría taxonómica superiores como phylum, clase y orden para

ello se utilizó la clave de Borror y De Long (1992), Hickman *et al.*, (2001) y Storer *et al.*, (1982). Se incluyó una categoría de otros para estadios de invertebrados como pupa y huevo; así como para la mesofauna (organismos < 2mm de diámetro). Todo se registró en una ficha de campo con datos de: fecha de colecta, parcela, N° de calicata y estratos de suelo (Anexo 2).

4.2.4. Parámetros de evaluación

Riqueza de macroinvertebrados

La riqueza de los macroinvertebrados del suelo se determinó contando el número de grupos taxonómicos (taxa) presentes en cada unidad agroecológica (Pashanasi, 2001).

Densidad de macroinvertebrados

Se determinó a través del número de individuos entre la superficie. Como se expresa en la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Número de individuos}}{\text{Superficie(m}^2\text{)}}$$

El resultado se expresó en número de individuos por metro cuadrado (Ind/m²) a nivel del grupo taxonómico siendo el dato que se indicó la densidad promedio (Pashanasi, 2001).

Biomasa de macroinvertebrados

Se extrajo los especímenes de los recipientes con alcohol al 70 % para ser depositados sobre papel absorbente, procediéndose al pesado en una balanza analítica; previamente separados por grupos más representativos (Formicidae, Haplotaxiada, Isoptera, Diplopoda, y Chilopoda); para conocer la biomasa de los macroinvertebrados del suelo se tomó en cuenta el peso en gramos de los individuos encontrados en cada parcela (Pashanasi, 2001). El dato que se obtuvo es el peso húmedo en alcohol y se comparó por unidad agroecológica y estratos. Como se expresa en la siguiente fórmula:

$$\text{Biomasa} = \frac{\text{Peso de los individuos (g)}}{\text{Superficie(m}^2\text{)}}$$

Distribución vertical de los macroinvertebrados del suelo

La distribución vertical se determinó comparando la riqueza, densidad y biomasa de los macro invertebrados del suelo por estrato (hojarasca, 0 – 10 cm, 10 – 20 cm, 20 – 30 cm), por unidad agroecológica (Pashanasi, 2001).

4.2.5. Diseño de investigación

El método de evaluación que se empleó para las 4 unidades agroecológicas de cacao está determinado por un sistema estadístico no paramétrico donde se evaluaron los promedios de población, densidad y biomasa de los órdenes de macroinvertebrados identificadas por cada parcela. El área de muestreo por unidad agroecológica tuvo una extensión de 50 x 50 m. y se hicieron los 5 muestreos por parcela con un bastidor de madera de 25 x 25 cm. Por unidad agroecológica tuvimos un total de 5 puntos de colectas, de los cuales se obtuvo un total de 20 frascos debidamente rotulados, que fueron unidos a los frascos de las demás parcelas, haciendo un total de 80 frascos que se identificaron, se contó y se pesó para comparar los resultados obtenidos.

4.2.6. Procesamiento y análisis de datos

Los resultados obtenidos fueron presentados en tablas y gráficos simples. Para evaluar las diferencias de las medias de densidad y biomasa de los macroinvertebrados por cada unidad agroecológica y las diferencias por estrato de suelo, para ello se utilizó el test de kruskal Wallis.

Para medir la riqueza entre los tratamientos (CHI; SLD; MET y CMP) se utilizó el índice de Shannon – Wiener. Así mismo para conocer el grado de similaridad entre los sistemas de producción estudiadas se utilizó el índice de similaridad de Jaccard, donde los resultados obtenidos de las evaluaciones fueron analizados en el Programa Estadístico Past y Bioestat para Windows.

Test de kruskal Wallis

Prueba no paramétrica, que sirve para comparar tres o más muestras independientes del mismo tamaño o distintas, cuyos numeradores deben ser medidos, como mínimo en el ámbito ordinal. La prueba de Kruskal-Wallis es comparable al ANOVA (una vía).

Está dado por la siguiente expresión:

$$H = \frac{12}{n(n+1)} \sum_{j=1}^k \frac{R_j^2}{n_j} - 3(n+1)$$

Donde:

K: número de grupos

n_j: número de observaciones en el j-ésimo grupo

n: número de observaciones en todos los grupos combinados

R_j: suma de los rangos en el j-ésimo grupo

Índice de Shannon -Wiener

Se usa en ecología u otras ciencias similares para medir la biodiversidad. Este índice se representa normalmente como H' y se expresa con un número positivo.

Está dado por la siguiente expresión:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Donde:

S : Número de especies (la riqueza de especies)

p_i : Proporción de individuos de la especie, respecto al total de individuos

(es decir la abundancia relativa de la especie): $\frac{n_i}{N}$

n_i : Número de individuos de la especie

N : Número de todos los individuos de todas las especies

Índice de similaridad de Jaccard

Mide la similitud, disimilitud o distancias que existen entre dos estaciones de muestreo. Es un índice usado en ecología está dada por la siguiente expresión

Está dado por la siguiente expresión:

$$J = C / A + B + C$$

Donde:

- A: número de grupos exclusivos en la muestra 1
- B: número de grupos exclusivos en la muestra 2
- C: número de grupos comunes en ambas muestras

V. RESULTADOS

5.1. Densidad (individuos/m²) de macroinvertebrados del suelo

En el cuadro 1, la figura 9 y 10 se presenta a los grupos taxonómicos y la densidad poblacional de macroinvertebrados (Individuos/m²) de 4 unidades agroecológicas del cultivo de cacao (Chirapa, Soledad, Metilluyoc y Campanilla) de la región San Martín en dos periodos del año (seco y lluvioso).

5.2. Principales grupos taxonómicos de macroinvertebrados encontrados

El cuadro 2 muestra los principales grupos taxonómicos de macroinvertebrados de 4 unidades agroecológicas del cultivo de cacao (Chirapa, Soledad, Metilluyoc y Campanilla) de la región San Martín en dos periodos del año (seco y lluvioso).

5.3. Biomasa de macroinvertebrados del suelo

En la cuadro 3 y figura 11 se muestra la taxa y la biomasa (g/m²), de macroinvertebrados de los 5 grupos taxonómicos más importantes de 4 unidades agroecológicas (Chirapa, Soledad, Metilluyoc y Campanilla), del cultivo de cacao de la región San Martín en dos periodos del año (seco y lluvioso).

Cuadro 1

Densidad poblacional (Individuos/m²) y grupos taxonómicos de macroinvertebrados del suelo identificados en 4 unidades agroecológicas del cultivo de cacao, en la región San Martín en dos periodos del año (seco y lluvioso).

N°	Phyla	Clase	Orden	UNIDADES AGROECOLÓGICAS (*)								TOTAL
				CHI		SLD		MET		CMP		
				Seco	Lluvioso	Seco	Lluvioso	Seco	Lluvioso	Seco	Lluvioso	
1	Onychophora	No se identificó		0	0	0	6	0	0	0	0	6
2	Plathyelminthes	Turbellaria	Triclada	0	0	0	0	3	10	0	0	13
3	Mollusca	Gasteropoda	Stylommatophora	0	0	26	22	0	0	0	0	48
4	Mollusca	Gasteropoda	Systellommatophora	0	0	0	3	0	0	0	0	3
5	Anelida	Oligochaeta	Haplotaxiada	301	339	410	6	54	86	330	214	1740
6	Anelida	Hirudina	Gnathabdelidae	3	0	0	0	0	0	0	0	3
7	Arthropoda	Quilopoda	Scolopendromorpha	3	3	58	13	6	3	9	10	105
8	Arthropoda	Quilopoda	Geophilomorpha	9	3	25	16	42	28	3	3	129
9	Arthropoda	Diplopoda	Polyxemida	0	0	42	0	16	3	0	0	61
10	Arthropoda	Diplopoda	Polydesmida	9	12	218	134	29	48	54	84	588
11	Arthropoda	Diplopoda	Julida	0	0	19	22	16	9	13	0	79
12	Arthropoda	Diplopoda	Glomerida	0	0	16	0	0	0	0	0	16
13	Arthropoda	Crustacea	Isopoda	3	0	71	32	127	3	59	3	298
14	Arthropoda	Symphyla	Cephalostignata	44	0	333	70	163	51	22	3	686
15	Arthropoda	Arachnida	Araneida	10	9	106	54	58	38	42	19	336
16	Arthropoda	Arachnida	Phalangida	0	0	10	0	3	6	10	0	29
17	Arthropoda	Arachnida	Chelonethida	3	0	55	6	57	12	10	3	146
18	Arthropoda	Arachnida	Acarina	3	0	6	6	0	0	0	0	15
19	Arthropoda	Insecta	Diplura	9	0	288	80	80	48	73	16	594
20	Arthropoda	Insecta	Dermaptera	0	0	0	0	0	0	0	3	3
21	Arthropoda	Insecta	Blattodea	0	0	6	3	0	0	0	0	9
22	Arthropoda	Insecta	Isoptera	173	67	838	2419	64	77	41	6	3685
23	Arthropoda	Insecta	Thysanoptera	0	0	0	0	3	0	0	0	3
24	Arthropoda	Insecta	Hemiptera	16	0	22	0	12	9	0	3	62
25	Arthropoda	Insecta	Psocoptera	0	0	0	0	0	0	13	0	13
26	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	64	16	208	39	44	16	87	16	490
27	Arthropoda	Insecta	Hymenoptera	1241	433	2969	1126	3424	340	1069	356	10958
28	Arthropoda	Insecta	Coleoptera (Larva)	58	189	63	50	32	19	23	64	498
29	Arthropoda	Insecta	Lepidoptera (Larva)	3	0	0	3	6	0	0	3	15
30	Arthropoda	Insecta	Diptera (Larva)	3	3	3	0	3	0	0	6	18
Otros				2614	256	1313	1040	688	582	826	301	7620
TOTAL (Seco)				1955	-	5792	-	4242	-	1858	-	13847
TOTAL (Lluvioso)				-	1074	-	4110	-	806	-	812	6802
TOTAL (Por unidad agroecológica)				3029		9902		5048		2670		20649
Grupos taxonomicos				18	10	22	20	21	18	16	17	

(*) Unidades agroecológicas: CHI (Chirapa); SLD (Soledad); MET (Metilluyoc) y CMP (Campanilla).

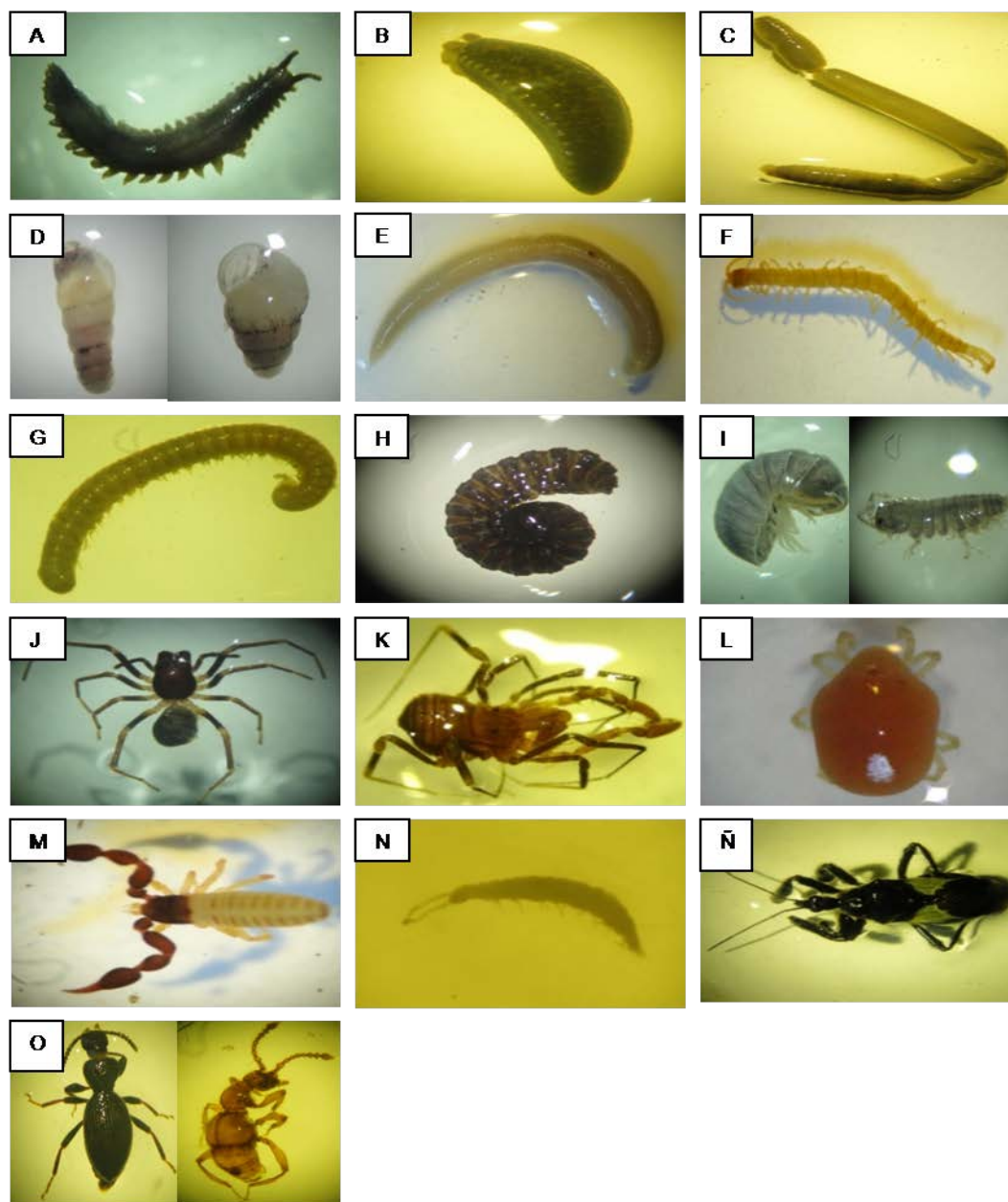
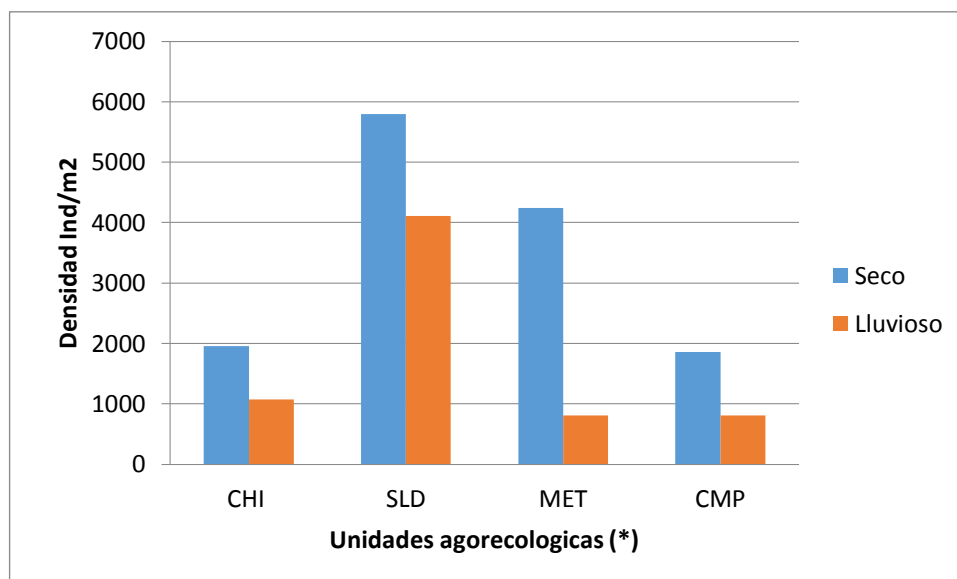


Figura 9. Macroinvertebrados

A. Phylum: Onychophora; **B.** Clase: Turbellaria, Orden: Triclada; **C.** Clase: Oligochaeta, Orden: Haplotaxiada; **D.** Clase: Gastropoda, Orden: Stylommatophora; **E.** Clase: Hirudina, Orden: Gnathobdellidae; **F.** Clase: Quilopoda, Orden: Scolopendromorpha; **G.** Clase: Diplopoda, Orden: Julida; **H.** Clase: Diplopoda, Orden: Polidesmida; **I.** Clase: Crustacea, Orden: Isopoda; **J.** Clase: Arachnida, Orden: Araneida; **K.** Clase: Arachnida, Orden: Phalangida; **L.** Clase: Arachnida, Orden: Acarina; **M.** Clase: Arachnida, Orden: Chelonetida; **N.** Clase: Symphyla, Orden: Cephalostignata; **Ñ.** Clase: Insecta, Orden: Hemiptera; **O.** Clase: Insecta, Orden: Coleoptera.



(*) Unidades agroecológicas: CHI (Chirapa); SLD (Soledad); MET (Metilluyoc) y CMP (Campanilla).

Figura 10. Densidad poblacional de macroinvertebrados (Individuos/m²) en 4 unidades agroecológicas del cultivo de cacao en la región San Martín en dos periodos del año (seco y lluvioso).

Cuadro 2.

Densidad poblacional de macroinvertebrados (Individuos/m²) de los 5 grupos taxonómicos más representativos en 4 unidades agroecológicas del cultivo de cacao de la región San Martín en dos periodos del año (seco y lluvioso)

GRUPO TAXONÓMICO	UNIDADES AGROECOLÓGICAS (*)								Total
	Periodo seco				Periodo Lluvioso				
	CHI	SLD	MET	CMP	CHI	SLD	MET	CMP	
Haplotaxiada	301	410	54	330	339	6	86	214	1740
Isoptera	173	838	64	41	67	2419	77	6	3685
Hymenoptera	1241	2969	3424	1069	433	1126	340	356	10958
Cephalostagnata	44	333	163	22	-	-	-	-	562
Diplura	9	288	80	73	-	-	-	-	450
Diplopoda	-	-	-	-	12	156	60	84	312
Coleoptera (larva)	-	-	-	-	189	50	19	64	322
TOTAL	1768	4838	3785	1535	1040	3757	582	724	18029

(*) Unidades agroecológicas: CHI (Chirapa); SLD (Soledad); MET (Metilluyoc) y CMP (Campanilla).

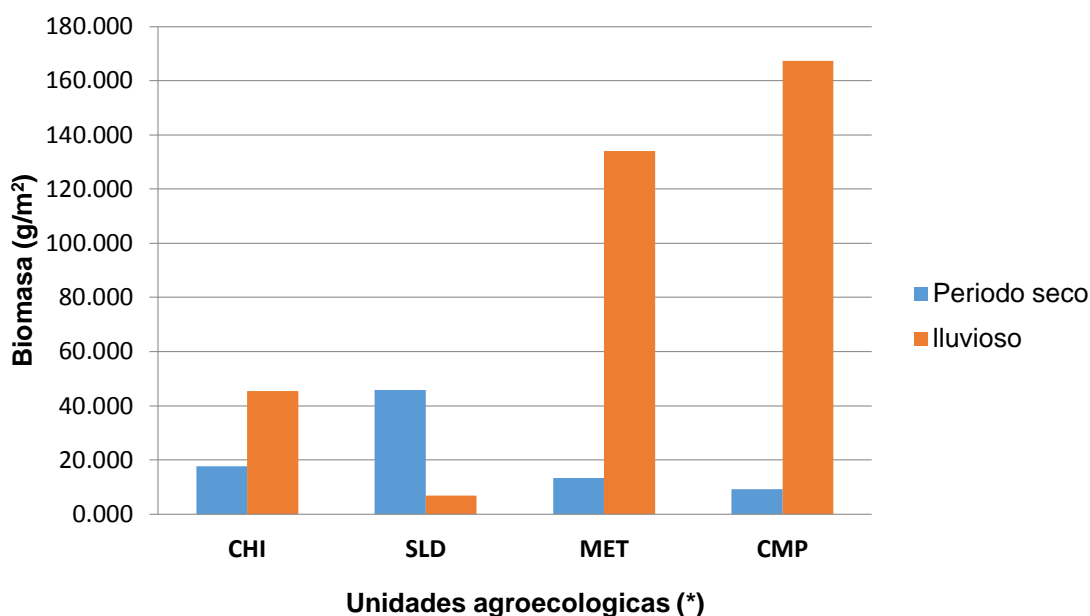
Haplotaxiada: lombrices; **Isoptera:** Termitas; **Hymenoptera:** Hormigas; **Cephalostagnata:** Sínfilos; **Diplura:** Doble cola; **Diplopoda:** Milpiés; **Coleoptera:** Escarabajo.

Cuadro 3

Biomasa de macroinvertebrados (g/m^2), de los 5 grupos taxonómicos más importantes de 4 unidades agroecológicas del cultivo de cacao en la región San Martín en dos periodos del año (seco y lluvioso).

Grupo taxonómico	UNIDADES AGROECOLOGICAS (*)								
	CHI		SLD		MET		CMP		Total
	Seco	Lluvioso	Seco	Lluvioso	Seco	Lluvioso	Seco	Lluvioso	
Hymenoptera	0.47	0.54	0.59	0.74	1.24	0.22	0.48	0.45	4.73
Haplotaxiada	17.09	44.30	1.18	0.71	0.60	133.01	21.75	36.73	255.38
Isoptera	0.12	0.10	0.54	2.88	0.01	0.05	0.09	0.00	3.79
Diplopoda	0.01	0.41	4.36	1.84	1.42	0.61	0.29	130.12	139.06
Chilopoda	0.01	0.00	1.15	0.60	0.42	0.08	0.01	0.01	2.28
Total seco	17.69		7.81		3.70		22.61		51.81
Total lluvioso	45.35		6.77		133.98		167.32		353.43
Total por Unidad agroecologica	63.04		14.59		137.68		189.94		405.24

Haplotaxiada: lombrices; **Hymenoptera:** Hormigas; **Isoptera:** Termitas; **Diplopoda:** Milpiés; **Chilopoda:** Ciempiés



(*) Unidades agroecológicas: CHI (Chirapa); SLD (Soledad); MET (Metilluyoc) y CMP (Campanilla).

Figura 11. Biomasa de macroinvertebrados (g/m^2) de 5 grupos taxonómicos más importantes de 4 unidades agroecológicas del cultivo de cacao en la región San Martín en dos periodos del año (seco y lluvioso).

5.4. Distribución vertical de densidad (Individuo/m²) y biomasa (g/m²) de los macroinvertebrados

En el cuadro 4 se muestra la densidad poblacional de macroinvertebrados y la cuadro 5 muestra la distribución vertical de biomasa, en 4 estratos del suelo (Hojarasca, 0-10 cm, 10-20 cm y 0-30 cm), de 4 unidades agroecológicas (Chirapa, Soledad, Metilluyoc y Campanilla) del cultivo de cacao de la región San Martín en dos periodos del año (seco y lluvioso).

Cuadro 4

Distribución vertical de la densidad de macroinvertebrados (individuos/m²), de 4 unidades agroecológicas del cultivo de cacao en la región San Martín en dos periodos del año (seco y lluvioso).

Unidades agroecológicas(*)	Hojarasca		0-10 cm		10-20 cm		20-30 cm		Total
	seco	Lluvioso	seco	Lluvioso	seco	Lluvioso	seco	Lluvioso	
CHI	80	105	1090	621	489	253	296	95	3029
SLD	265	725	3898	3108	1020	102	609	175	9902
MET	54	82	3525	425	437	168	226	131	5048
CMP	340	104	1089	483	305	125	124	100	2670
Total seco	739	-	9602	-	2251	-	1255	-	13847
Total lluvioso	-	1016	-	4637	-	648	-	501	6802
Total por estrato	1755		14239		2899		1756		20649

(*) Unidades agroecológicas: CHI (Chirapa); SLD (Soledad); MET (Metilluyoc) y CMP (Campanilla).

Cuadro 5

Distribución vertical de biomasa (g/m²), en 4 unidades agroecológicas del cultivo de cacao en la región San Martín en dos periodos del año (seco y lluvioso).

DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE LA BIOMASA (g/m ²)								
Unidades agroecológicas (*)	Hojarasca		0-10 cm		10-20 cm		20-30 cm	
	Seco	Lluvioso	Seco	Lluvioso	Seco	Lluvioso	Seco	Lluvioso
CHI	0,02	0,60	14,82	41,81	1,91	2,84	0,94	0,09
SLD	2,65	0,86	3,80	5,71	0,56	0,09	0,80	0,10
MET	0,19	0,17	2,71	133,40	0,35	0,28	0,45	0,14
CMP	0,24	0,16	6,08	163,49	11,06	3,14	5,24	0,54
Total seco	3,10	-	27,40	-	13,88	-	7,43	-
Total lluvioso	-	1,79	-	344,41	-	6,35	-	0,88
Total por estrato	4,89		371,82		20,22		8,31	

(*) Unidades agroecológicas: CHI (Chirapa); SLD (Soledad); MET (Metilluyoc) y CMP (Campanilla).

5.5. Distribución vertical de la biomasa de los grupos taxonómicos más importantes.

En el cuadro 6 muestra la distribución vertical de biomasa en 4 estratos del suelo (Hojarasca, 0-10 cm, 10-20 cm y 0-30 cm), de los 5 grupos taxonómicos más importantes de 4 unidades agroecológicas (Chirapa, Soledad, Metilluyoc y Campanilla) del cultivo de cacao de la región San Martín en dos periodos del año (seco y lluvioso).

Cuadro 6

Distribución vertical de biomasa (g/m^2), de 5 grupos taxonómicos más importantes en la unidad agroecológica de 4 unidades agroecológicas (Chirapa, Soledad, Metilluyoc y Campanilla) del cultivo de cacao en la región San Martín en dos periodos del año (seco y lluvioso).

GRUPO TAXONÓMICO	CHIRAPA (CHI)							
	Periodo seco				Periodo de lluvioso			
	Agosto - Octubre 2012				Marzo - Mayo 2013			
	Hojarasca	0-10 cm	10-20 cm	20-30cm	Hojarasca	0-10 cm	10-20 cm	20-30cm
Formicidae	0.02	0.10	0.11	0.24	0.19	0.19	0.13	0.03
Haplotaxiada	0.00	14.64	1.74	0.70	0.00	41.62	2.63	0.05
Isoptera	0.00	0.07	0.05	0.00	0.00	0.00	0.08	0.01
Diplopoda	0.00	0.00	0.01	0.00	0.41	0.00	0.00	0.00
Chilopoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	0.02	14.82	1.91	0.94	0.60	41.81	2.84	0.09
	SOLEDAD (SLD)							
	Periodo seco				Periodo de lluvioso			
	Agosto - Octubre 2012				Marzo - Mayo 2013			
	Hojarasca	0-10 cm	10-20 cm	20-30cm	Hojarasca	0-10 cm	10-20 cm	20-30cm
Formicidae	0.10	0.22	0.12	0.15	0.18	0.36	0.09	0.10
Haplotaxiada	0.00	1.16	0.02	0.00	0.00	0.71	0.00	0.00
Isoptera	0.00	0.14	0.37	0.03	0.65	2.22	0.00	0.00
Diplopoda	1.66	2.06	0.04	0.61	0.02	1.81	0.00	0.00
Chilopoda	0.89	0.22	0.03	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00
TOTAL	2.65	3.80	0.56	0.80	0.86	5.71	0.09	0.10
	METILLUYOC (MET)							
	Periodo seco				Periodo de lluvioso			
	Agosto - Octubre 2012				Marzo - Mayo 2013			
	Hojarasca	0-10 cm	10-20 cm	20-30cm	Hojarasca	0-10 cm	10-20 cm	20-30cm
Formicidae	0.16	0.91	0.07	0.10	0.01	0.05	0.05	0.11
Haplotaxiada	0.02	0.25	0.04	0.29	0.00	132.83	0.19	0.00
Isoptera	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	0.03
Diplopoda	0.01	1.41	0.00	0.00	0.15	0.46	0.00	0.00
Chilopoda	0.00	0.14	0.22	0.05	0.00	0.05	0.03	0.00
TOTAL	0.19	2.71	0.35	0.45	0.17	133.40	0.28	0.14
	CAMPANILLA (CMP)							
	Periodo seco				Periodo de lluvioso			
	Agosto - Octubre 2012				Marzo - Mayo 2013			
	Hojarasca	0-10 cm	10-20 cm	20-30cm	Hojarasca	0-10 cm	10-20 cm	20-30cm
Formicidae	0.04	0.26	0.14	0.05	0.14	0.16	0.03	0.13
Haplotaxiada	0.00	5.68	10.89	5.18	0.00	33.23	3.10	0.40
Isoptera	0.00	0.04	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Diplopoda	0.20	0.09	0.00	0.00	0.01	130.10	0.00	0.01
Chilopoda	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
TOTAL	0.24	6.08	11.06	5.24	0.16	163.49	3.14	0.54

Formicidae: Hormigas; **Haplotaxiada:** lombrices; **Isoptera:** Termitas; **Diplopoda:** Milpiés; **Chilopoda:** Ciempiés

5.6. Relación entre altitud, edad, población (Ind/m²), pH, materia orgánica y pendiente:

Cuadro 7

Unidades Agroecológicas (*)	Altitud	Edad	Población	pH	M.O	Pendiente
CHI	909 m.s.n.m.m.	6 años	3029	5,05	2,21	15%
SLD	435 m.s.n.m.m.	6 años	9902	6,52	3,96	11,5%
MET	183 m.s.n.m.m.	3 años	5048	4,67	3,79	12%
CMP	365 m.s.n.m.m.	7 años	2670	5,94	5,61	45%

(*) Unidades agroecológicas: CHI (Chirapa); SLD (Soledad); MET (Metilluyoc) y CMP (Campanilla).

VI. DISCUSIÓN

6.1. Riqueza de macroinvertebrados del suelo

Según el análisis de suelo (Anexo 5) las zonas evaluadas cuentan con abundante materia orgánica (2,21% a 5,61 %). Las plantaciones evaluadas tienen edades similares a seis años, a excepción de Metilluyoc que tiene tres años y es la única catalogada como Bosque Húmedo Tropical según Holdridge (1978). Este factor influye en la composición de la macrofauna del suelo, ya que en las localidades, las especies de macrofauna, tienen una rápida recuperación, debido a la renovación de los bosques intervenidos aledaños (purmas), al incremento de materia orgánica, y la asociación de cultivos maderables (capirona, marupa y caoba) en las parcelas, concordando con lo descrito por Mathieu *et al.*, (2005), quienes manifiestan que las purmas pueden jugar un papel importante en la conservación de la macrofauna del suelo.

La parcela de Soledad presentó la mayor cantidad de taxa en ambos periodos (seco y lluvioso) con 22 y 20 grupos taxonómicos (Cuadro 1) podría deberse a que es un sistema agroforestal que cuenta esta unidad agroecológica, presentando características físico químicas adecuadas del suelo (Textura Frac-Arc-Are, pH 6,52 y MO 3,96 %); abundancia de flora y cobertura viva (*Commelina* sp.) que ayuda a regular la temperatura y el microclima del suelo, favoreciendo el hábitat de los macroinvertebrados. Esto se corrobora con lo descrito por De Lima *et al.* (2010), quienes afirman, que los sistemas agroforestales propician mejores características químicas del suelo y aumento

en la abundancia y riqueza de especies de la macrofauna de macroinvertebrados del suelo.

Mientras que la cantidad encontrada en Metilluyoc en ambos periodos (seco y lluvioso) con 21 y 18 grupos taxonómicos, se podría deber a la presencia de constantes lluvias (Anexo 4) lo que ayuda a mantener un microclima adecuado para el desarrollo de la macrofauna, además, de ser una parcela pequeña (2,5 ha) que está rodeada por bosque primario, lo que genera un constante movimiento de los macroinvertebrados para su reproducción, búsqueda de refugio y de alimento. Concordando con Pashanasi (2001), quien menciona que en bosque primario, no intervenido e intervenido, existe una diversidad muy rica dominada por oligoquetos, isópteros y miriapodos.

La categoría otros (Cuadro 1), se consideró para el caso de la mesofauna, pupas y huevos, que no son considerados macroinvertebrados, por el tamaño, como también por estadio inmaduro en el que se encontraron. Como menciona Lavelle y Spain (2001), quienes indican que los macroinvertebrados (lombrices, termitas y hormigas), animales visibles (diámetro > 2 mm o longitud > 10 mm) se desarrollan por lo menos parte del ciclo de vida en el suelo.

La diferencia de altitud y materia orgánica el suelo no fueron tan determinantes para la diferenciación de las poblaciones, puede que influya la pendiente, ya que estos no mantienen una relación entre sus respectivas diferencias, sin embargo el pH del suelo si cumple un papel muy importante para diferenciar las poblaciones, encontrándose mayor población de macroinvertebrados en pH

que se aproximan a neutro (6,52). Como mencionan Blair *et al.*,(1996), que su diversidad, su número y sus funciones son sensibles al estrés y al cambio ambiental en las condiciones del suelo, asociados a la labranza, la aplicación de fertilizantes y plaguicidas, las quemadas, la tala y otras actividades realizadas en los sistemas de cultivo

6.2. Densidad de macroinvertebrados del suelo

De acuerdo a los datos registrados el análisis de varianza de Kruskal- Wallis nos indica que no existe diferencia significativa entre las unidades agroecológicas de cacao evaluadas en ambas estaciones.

El total de individuos encontrados en los dos periodos (seco y lluvioso) evaluados en las cuatro unidades agroecológicas fue de 20 649 Ind/m² (Cuadro 1).

En la parcela de Soledad (agroforestal) se encontró la mayor cantidad de macroinvertebrados en los periodos (seco y lluvioso), haciendo un total de 9 902 Ind/m² y en Campanilla (monocultivo) un total de 2 670 Ind/m² (Cuadro 1), siendo esta parcela la que obtuvo la menor densidad de macroinvertebrados del suelo. Concordando con lo descrito por Pashanasi (2001); Feijoo *et al.*, (1999) y Villalobos *et al.*,(2000), quienes indican que, en los sistemas agroforestales se encuentran una mayor abundancia, riqueza y biomasa de los macroinvertebrados del suelo ya que las condiciones generadas por los sistemas agroforestales (temperatura, humedad, diversidad de materia

orgánica, protección y mantenimiento del suelo) se asemejan a los propiciados por los bosques primarios, ocurriendo todo lo contrario en los sistemas de monocultivo que afectan y dificultan en gran medida la vida y el desarrollo de los macroinvertebrados del suelo.

Los grupos taxonómicos de mayor densidad poblacional en ambos periodos (seco y lluvioso) fueron: Haplotaxiada ($10\,958\text{ Ind/m}^2$), Isóptera ($3\,685\text{ ind/m}^2$) y Hymenoptera ($1\,740\text{ Ind/m}^2$); seguidos de Cephalostignata (562 Ind/m^2) y diplura (450 Ind/m^2) en el periodo de seco y Coleoptera (Larva) (322 Ind/m^2) y diplopoda (312 Ind/m^2) en el periodo lluvioso (Cuadro 2).

Estos grupos taxonómicos encontrados son dominantes en todos los estudios de macroinvertebrados del suelo siendo funcionalmente importantes, por que transforman la materia orgánica y cumplen la función de mantenimiento de la estructura del suelo, fijación de nutrientes y aireación, también son considerados como indicadores de la calidad del suelo ya que su densidad, nos indican claramente el grado de fertilidad que poseen (Anexo 5). Concordando con lo descrito por Moreira *et al.*, (2012), la elaboración de la estructura del suelo y el mantenimiento del régimen hídrico la desarrollan los ingenieros del ecosistema, que son las lombrices de tierra (Haplotaxiada), hormigas (Hymenoptera), termitas (Isoptera) y escarabajos (Coleoptera). La mayor densidad de macroinvertebrados en el periodo seco, podría deberse a que en las zonas evaluadas y el trópico en general, son lugares donde las estaciones del año no son muy marcadas como en otras latitudes, además las parcelas evaluadas presentan áreas pequeñas frente a los bosques que las rodean, por

lo que su en la vida y desarrollo de los macroinvertebrados del suelo es mínima.

6.3. Biomasa de macroinvertebrados

La biomasa encontrada en el periodo seco y lluvioso en las unidades agroecológicas (Chirapa, Metilluyoc, Campanilla y Soledad) fue de 405, 24 g/m²; donde la parcela de Campanilla obtuvo 189,94 g/m²; ubicándose en primer lugar seguido por la parcela de Metilluyoc con 137,68 g/m², Chirapa con 63,04 g/m² y finalmente la parcela con menor cantidad de biomasa fue Soledad con 14,59 g/m² (Tabla 3 y figura 11). Asimismo, la mayor biomasa encontrada en todo el estudio se registró en el periodo lluvioso con 353,43 g/m² y el menor en el periodo seco con un total de 51, 81 g/m² (Cuadro 3)

Los resultados indican claramente que en el periodo lluvioso hay mayor concentración de macroinvertebrados del suelo de los órdenes: Hymenoptera, Haplotaeniata, Isoptera, Diplopoda y Chilopoda, debido a las condiciones ambientales (precipitaciones), más la disponibilidad de materia orgánica diversa y abundante, la cobertura de suelo y la humedad. De esta manera favorecen el desarrollo de estos organismos, siendo los principales transformadores y descomponedores de la hojarasca y materia orgánica en general. De acuerdo a lo descrito por Lal (1988) y Jones *et al.* (1994); los macroinvertebrados (lombrices, termitas y hormigas), son denominados los ingenieros del ecosistema, con efectos directos sobre las propiedades del suelo y procesos de humificación y mineralización de la materia orgánica.

Pereira (1993), menciona que los invertebrados terrestres en suelos de Várzea en la Amazonía Central están ligados a diversos factores ambientales, principalmente microclima, materia orgánica y disponibilidad de alimentos, siendo estos factores dependientes de cada tipo de ambiente y Villalobos *et al.* (2000); dice que, los invertebrados están condicionados por tres factores primordiales como la temperatura, pH, humedad y materia orgánica.

El orden taxonómico de haplotaxiada (lombrices de tierra) presentó mayor biomasa en las cuatro unidades agroecológicas y en los dos periodos (seco y lluvioso), concordando con lo descrito por Luizão (1995); Barros *et al.* (2002) y Linares (2009). Los ingenieros del suelo en los bosques secundarios y en general en todos los usos, respecto a la densidad, tuvieron una fuerte influencia de termitas u hormigas, y en la biomasa se destacaron las lombrices de tierra, además se detectaron a los ingenieros del suelo, incluyendo las lombrices de tierra, como los más abundantes en los bosques y los sistemas agroforestales de Perú.

6.4. Distribución vertical de la densidad y biomasa de los macroinvertebrados

Los macroinvertebrados de suelos hallados en los estratos evaluados en dos periodos (seco y lluvioso) fueron: En el estrato de 0-10 cm con 14 239 Ind/m², seguido del estrato 10-20 cm con 2 899 Ind/m², el estrato de 20-30 cm con 1 756 Ind/m² y con menor diversidad biológica hojarasca con 1 755 Ind/m² (Cuadro 4).

La mayor cantidad de macroinvertebrados de suelos se registraron en el periodo seco en el estrato de 0-10 cm, con 9 602 Ind/m²; seguido del estrato 10-20 cm, con 2 251 Ind/m²; 20-30 cm, con 1 255 Ind/m² y la menor diversidad presentó hojarasca con 739 Ind/m² (Cuadro 4).

Estos resultados se deben a que las parcelas donde se encontró mayor cantidad de macroinvertebrados en ambos periodos (seco y lluvioso) en el estrato de 0-10 cm fueron las que se ubican en las localidades de Soledad (9 902 ind/m²) y Metilluyoc (5 048 ind/m²) (Cuadro 4). La primera, es un sistema agroforestal de 6 años que cuenta con abundante materia orgánica, cobertura de suelo (*Commelina* sp.), factores que benefician la vida y desarrollo de los macroinvertebrados y la segunda parcela debido a que está catalogada como bosque Húmedo Tropical según Holdridge (1978). Así mismo al tener pequeña extensión (2,5 ha), con ambientes adecuados alrededor de la parcela lo que va generar una rápida migración y colonización de los macroinvertebrados que logran adaptarse.

Por estas razones y principalmente porque las estaciones (seco y lluvioso) no están marcadas en estos lugares por tratarse de zonas tropicales. Tal como corrobora Lal (1988) y Jones *et al.*, (1994). Quienes afirman que las precipitaciones ayudan a mantener una temperatura constante y agradable para los macroinvertebrados y facilitan el movimiento en el caso de las lombrices del suelo

En el estudio de los macroinvertebrados de suelos, los resultados obtenidos con respecto a la densidad en los estratos de 0-10 cm y 10-20 cm pudieron deberse a la cantidad de precipitación y humedad al momento de la evaluación, ya que se encontraron mayor cantidad de lombrices de tierra en dichos estratos. Siendo estos organismos los que aportan mayor cantidad de biomasa y son los llamados ingenieros del suelo.

Se ha registrado mayor densidad de macroinvertebrados (Cuadro 4), en los estratos superiores del suelo (0-10 y 10-20), con una población de 7 006 y 1 122 ind/m² respectivamente en la unidad agroecológica de Soledad seguida de Metilluyoc con 3950 y 605 individuos/m² (0-10 y 10-20); mantiene una relación directa con el pH y materia orgánica del suelo, cuyos valores en soledad se registran con pH 6,52 (ligera y mente ácido) y MO 3,96 % (medio) superior a Metilluyoc con pH 4,67 (moderadamente ácido) y M.O 3,79 % (medio)

Concordando con lo descrito por Lavelle *et al.* (2006); los macroinvertebrados realizan sus actividades a una escala de centímetros a decímetros y junto con las raíces, determinan la arquitectura del suelo a través de la acumulación de agregados y poros de diferente tamaño, lo que repercute en la estructura del suelo (Blanchart *et al.*, 1997) y en la fertilidad del mismo.

Con respecto a la biomasa destacó el estrato de 0-10 cm, con 371,82 g/m²; seguido del estrato de 10-20cm, con 20,22 g/m²; el estrato 20-30 cm, presentó 8,31 g/m² y el estrato que presento la menor cantidad fue hojarasca con 4,89 g/m² (Cuadro 5 y 6).

Sin embargo; la unidad agroecológica de Campanilla superó a las demás unidades agroecológicas en biomasa de macroinvertebrados con 169,57 g/m² y 14,2 g/m² en los estratos de 0-10 y 10-20 respectivamente, seguido de Metilluyoc con 156,11 g/m² y 0.63 g/m² de 0-10 y 10-20, respectivamente; lo que significa que los macroinvertebrados ayudan en la mejora de las condiciones físico-química del suelo favoreciendo la disponibilidad de nutrientes para las plantas, catalogándose como indicadores de calidad de suelo.

Estos resultados concuerdan con lo obtenido por Barros *et al.*, (2002) y Linares (2009), quienes afirman que, los ingenieros del suelo en los bosques secundarios y en general en todos los usos, respecto a la densidad, tuvieron una fuerte influencia de termitas u hormigas, y en la biomasa se destacaron las lombrices de tierra, además se detectaron a los ingenieros del suelo, incluyendo las lombrices de tierra, como los más abundantes en los bosques y los sistemas agroforestales de Perú.

VII. CONCLUSIONES

1. De los estudios realizados se concluye que no existe diferencia significativa en cuanto a la riqueza, densidad, biomasa y distribución vertical de macroinvertebrados, realizado en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.).
2. Se identificaron 6 phylum dentro de ellas 30 grupos taxonómicos, en las cuatro unidades agroecológicas (Chirapa, Soledad, Metilluyoc y Campanilla). Siendo los más densos haplotaxiada (1740 ind/m²), isóptera (3 685ind/m²) e hymenoptera (10 958 ind/m²).
3. Los grupos taxonómicos con mayor aporte en la biomasa en el estudio realizado son; formicidae, haplotaxiada, isóptera, diplopoda y chilopoda. Cuya función principal es realizar el proceso de humificación y mineralización de la materia orgánica, actuando directamente sobre las propiedades físico-químico del suelo (textura predominante Fran-Arc-Aren, pH 4,67 a 6,52 y M.O 2,21 % a 5,61)
4. La mayor parte de los órdenes taxonómicos colectados se distribuyen preferentemente en el segundo y tercer estrato (0-10 y 10- 20 cm.)
5. En la unidad agroecológica de Soledad se encontró mayor densidad de macroinvertebrados, debido a las condiciones adecuadas que presenta, como es la presencia de cobertura vegetal (*commelinia* sp.) y especies forestales que

ayudan a tener un microclima adecuado propiciando mejores características del suelo (pH 6,52 y M.O 3,96 %).

6. En el estudio realizado se observa que la antigüedad de la planta no interviene en la población de macroinvertebrados.
7. Campanilla superó a las demás unidades agroecológicas en biomasa de macroinvertebrados con 169,57 g/m² y 14,2 g/m² en los estratos de 0-10 y 10-20 respectivamente, presenta pH 5,94 y M.O 5,61 %.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios más amplios y detallados de macroinvertebrados de una forma periódica, con más detalles acerca de su distribución, como la alteración por factores externo y su evolución a lo largo del tiempo en los suelos de la región.
2. Seguir empleando la metodología TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility), por ser un método sencillo, práctico, económico y datos más exactos para la evaluación de macroinvertebrados.
3. Realizar estudios en el cultivo de cacao y otros cultivos comparando la fertilidad del suelo con la riqueza, densidad, biomasa y distribución vertical.
4. Realizar estudios de macroinvertebrados en el cultivo de cacao y su respuesta frente a la aplicación de tecnologías agrícolas en relación a la fertilidad del suelo y sistemas de riegos
5. Estudiar la densidad de macroinvertebrados, comparando diferentes coberturas (vivas o muertas), debido a las condiciones adecuadas que presentan.

IX. REFERENCIAS

- Adis, J.; Morais, J.; Ribeiro, E. & Ribeiro, J. (1989).** Vertical Distribution and Abundance of Arthropods from white Sand Soil of a Neotropical Campinarana Forest During the Rainy Season. Studies on Neotropical Fauna and Environment. Volumen 24. Número 4: 193 – 200.
- Almeida, A y Valle, R. (2007).** Ecophysiology of the cacao tree. Braz J Plant Physiol 19(4):425-448.
- Altieri, M.A. (1995).** **Agroecology:** The Science of Sustainable Agriculture. Boulder, CO: Westview.Press.
- Alverson, W.; Whitlock, B.; Nyffeler, R.; Bayer, C.; Baum, D. (1999).** Phylogeny of the core Malvales: evidence from ndhF sequence data. Am J Bot 86:1474-1486.
- Anderson, J. M. and J. S. I. Ingram. (1993).** Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods. 2nd ed. CAB International. Wallingford, UK.
- Arshad, M. and G. Coen. (1992).** Characterization of soil quality: Physical and chemical criteria. American Journal of Alternative Agriculture 7(1-2): 25-31.
- Astier-Calderón, M., M. Maass-Moreno y J. Etchevers-Barra. (2002).** Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. Agrociencia 36: 605-620.
- Barros, E; Pashanasi, B; Constantino, R & Lavallo, P. (2002).** Effects of land-use system on the soil macrofauna in western Brazilian Amazonia. Biology and Fertility of Soils. Volume 35, Number 5: 338 – 347.
- Blair, J., P. Bohlen and D. Freckman. (1996).** Soil invertebrates as indicators of soil quality. pp. 273-291.
- Blanchart, E., P. Lavelle, E. Braudeau, Y. Le Bissonais, and C. Valentin. 1997.** Regulation of soil structure by geophagous earthworm activities in humid savannas of Cote d'Ivoire. Soil Biol. Biochem. 29: 431–439.

- Bonkowski, M., W. Cheng, B. S. Griffiths, J. Alphei & S. Scheu. (2000).** Microbial-faunal interactions in the rizosphere and effects on plant growth. *European Journal of Soil Biology*. Germany. 36: 135-147.
- Borrer, D y De Long, D. (1992).** Estudio Dos Insetos. Editora Edgard Blucher. Ltda. 597 p.
- Brussaard, L., M. Pulleman, E. Ouedraogo, A. Mandod, and J. Sixe. (2007).** Soil fauna and soil function in the fabric of the food web. *Pedobiologia* 50: 447-462.
- Camero, E; Diaz, J; Salinas, A; Téllez, L & Agudello, D. (2005).** Estudio de la Artropofauna Asociada a Suelos de dos Tipos de Ecosistemas en la Cuenca del Río Cauca – Colombia. *Acta Biológica Colombiana*. Volumen 10 .Número 1: 35.
- Camero, E y Chamorro, C. (1999).** La Fauna Edáfica en Bosques y Plantaciones de Coníferas de la Estación San Lorenzo - Sierra Nevada de Santa Marta. *Acta Biológica Colombiana*, Volumen 4 Número 1.
- Compañía Nacional de Chocolates (CNCH) (1988).** Manual para el Cultivo del Cacao. Colombia. 140 p.
- Coleman, D. C. y H. F. Hendrix. (2000).** Invertebrates as Webmasters in ecosystems. CABI Publishing (CAB International). Wallingford. 336 p.
- De Lima, S; De Aquino, A; Carvalho, L; Velásquez E, Y Lavallo, P. (2010).** Relação entre macrofauna edáfica e atributos químicos do solo em diferentes agroecossistemas. *Pesquisa agropecuária brasileira* 45 (3): 322-331.
- Ettema, C.H. y D.A. Wardle. (2002).** Spatial soil ecology. *Trends in ecology & Evolution* 17: 177-183.

- Federación nacional de cacaoteros (FEDECACAO). (2001).** Fundamentos para el establecimiento de cultivos de cacao con tecnología moderna. Ministerio de Agricultura. PRONATA. Bogota, Colombia.
- Feijoo, A; Bronson, E; Lavallo, P y Moreno, A. (1999).** Quantifying soil macro fauna in a Colombian watershed. *Pedobiología*. Número 43: 513 – 517.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO AGL). (2004).** Conservation and Management of Soil Biodiversity and its role in Sustainable Agriculture. Land and Water Development Division. <http://www.fao.org/agl/default.stm>.
- Hall, S. (2001).** Conservación de la Biodiversidad en Agroecosistemas: Comparación de la Diversidad de Escarabajos de Superficie en diversos Sistemas de Producción de Café de Sombra en Costa Rica. Coloquio Internacional “Desarrollo Sustentable, Participación Comunitaria y Conservación de la Biodiversidad en México y América Latina”.
- Harada, A y Bandeira, A. (1994).** Estratificação e densidade de invertebrados em solo arenoso sob floresta primária e plantios arbóreos na Amazonia central durante a estação seca. *Acta Amazônica*. Número 24. Volumen (1/2): 103 – 118.
- Hickman, J; Cleveland, P; Robert, L & Larson, A. (2001).** Principios Integrales de Zoología; Mc Graw – Hill Interamericana. Buenos Aires. ISBN. 84-486 p.
- Holdridge, L.R. (1978).** Ecología basada en zonas de vida. Traducido del inglés por H. Jiménez Saa. San José, Costa Rica, MCA. 216 p.
- Huerta, E; Rodriguez, J; Evia, I; Montejo, M; De La Cruz, M & Garcia, R. (2005).** La Diversidad de Lombrices de Tierra (Annélidae, Oligochaeta) en el estado de Tabasco México. *Universidad y Ciencia*. Número 21. Volumen 42: 73 – 83.

- Huerta. (2007).** Relación entre la Fertilidad del suelo y su población de macroinvertebrados. Colegio de la Frontera Sur Unidad Villahermosa. Tabasco, México. 26: 171-181.
- Ibáñez, C., S. Palomeque y F. Fonturbel. (2004).** Elementos principales del suelo, geodinámica y dinámica de los principales componentes del suelo. pp. 2-4. En: El recurso suelo: bases edafológicas, problemática, administración y contaminación. Publicaciones Integrales, La Paz.
- International Cocoa Organization (ICCO). (2003).** Boletín trimestral de la estadística del cacao. Volumen 2, N° 2.
- International Cocoa Organization (ICCO). (2007).** Annualreport 2007/2008. Londres: ICCO. 43 p.
- InternationalCenterfor Research in Agroforestry (ICRAF), (1993).** Thewayahead.StrategicPlan.Nairobi, Kenya.29 pp.
- Instituto de Cultivos Tropicales (ICT). (2004).** Manual “Manejo Integrado del Cultivo y Transferencia de Tecnología en la Amazonia Peruana”. Tarapoto 2004.
- Ivon, C. (2002).** La importancia de la fauna del suelo. En: 1ª Reunión Entomológica. Buenos Aires – Argentina.
- Jones,C.; J. Lawton and M. Shachak. (1994).** Organisms as ecosystem engineers. Oikos 69: 373-386.
- Kalvatchev, Z.; Garzaro, D.; Guerra-Cedezo, F. (1998).** *Theobroma cacao* L.: Un nuevo enfoque para nutrición y salud. Agroalim 6:23-25.
- Karlen, D.L., M. Mausbach, J. Doran, R. Cline, R. Harris and G. Schuman. (1997).** Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. Soil Science Society of America Journal 61(1): 4-10.
- Klemens, E., T. Stierhof, J. Dauber, K. Kreimes, and V. Wolters. (2003).** On the quality of soil biodiversity indicators: abiotic and biotic parameters as

predictors of soil faunal richness at different spatial scales. *Agriculture Ecosystems Environment* 98(1-3): 273-283.

Larson, W.; Pearce, F. (1994). The Dynamics of Soil Quality as a Measure of Sustainable Management. In Doran, J.W.; Coleman, D.C.; Bezdicek, D.F.; Stewart, B.A. eds. *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. Madison, USA, Soil Science Society of America. Special Publication 35:37-52.

Lal, R. (1988). Effects of macrofauna on soil properties in tropical systems. *Agric. Ecosyst. Environ.* 24: 101-116.

Lanuad, C.; Motamayor, J. C.; Resterucci, A.M. (2000). Implications of New Insight into the Genetic Structure of *Theobroma cacao* L. for Breeding Strategies. In *Proceedings of the International Workshop on new Technologies and Cocoa Breeding*. Ingenic. Kota Kinabalu, Malaysia. 16-17 Octubre 2000. p 89-107.

Lavelle, P., E. Blanchart, A. Martin, A.V. Spain, and S. Martin. (1992). Impact of soil fauna on the properties of soils in the humid tropics. pp. 157-185. In: R. Lal and P.A. Sanchez (eds.). *Myths and science of soils in the tropics* Special Publication 29. Soil Science Society of America. Madison, WI, USA.

Lavalle P; Dangerfied M; Fragoso C; Eschenbrenner V; Lopez D; Pashanasi B; Brussard L. (1994). The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. En: Woormer PL; Swift MJ, Eds. *The biological management of tropical soil fertility*. John Wiley & Sons, Chichester, Reino Unido. P: 137-169.

Lavelle, P. (1996). Diversity of soil fauna and ecosystems function. *Biology International* 33: 3-16.

Lavelle P; Spain, A. (2001). *Soil Ecology*. – Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/The Netherlands, 654 pp.

- Lavelle, P.; T. Decaëns, M. Aubert; S. Barot; M. Blouin; F. Bureau; P. Margerie; P. Mora; and J. P. Rossi. (2006).** Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology* 42 (Supplement 1): S3-S15.
- León, J. (2000).** Botánica de los cultivos tropicales. 3ed. San José, C.R. 522 p.
- Liberato, T y Díaz E. (2000).** Paquete Tecnológico del Cacao para Jaén, Tocache y Tingo Maria. PRISMA. Proyecto de Desarrollo Alternativo del Bajo Huallaga. Naciones Unidas. PNU. Seminario Taller del Cacao en el Perú. PNDA- CONTRADROGAS/CICAD-OEA. Lima, Perú, 14 y 15 de Diciembre 2000. 17 pp.
- Linares, D. (2009).** Macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en el Parque Nacional Tingo María, Huánuco, Perú. http://www.iamazonica.org.br/conteudo/eventos/biodiversidadesolo/pdf/resumos/Poster_DaliaL.pdf
- Linden, D.R., Hendrix, P.F., Coleman, D.C. and Petra, C.J van Vliet. (1994).** Faunal indicators of soil quality. In: Doran, J.W., Coleman, D.C., Bezdicek, D.F. and Stewart, B.A. (eds). *Defining Soil Quality for Sustainable Environment*. SSSA Special Publication, No. 35 pp 3-22.
- Luizão, F.J. (1995).** Ecological studies in contrasting forest types in Central Amazonia. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias. Universidad de Stirling. Reino Unido. 288 p.
- Mathieu, J ; Rossi, J; Grimaldi, M; Mora, P; Lavallo, P & Rouland, V. (2004).** A multi-scale study of soil Macrofauna biodiversity in Amazonian pastures. *Biology and Fertility of Soils*. Volume 40, Number 5: 300 – 305.
- Mathieu, J ; Rossi, J; Mora, P; Lavallo, P ; Martins, C; Rouland, V & Grimaldi, M. (2005).** Recuperación de Comunidades de Macrofauna del Suelo Después de la Tala de Bosques en la Amazonía Oriental, Brasil. *Conservation Biology*. Volume 19, Issue 5: 1598.

- Motamayor, J. (2001).** Etude de la diversité génétique et de la domestication des cacaoyers du groupe criollo (*Theobroma cacao* L.) á l'aide de marqueurs moléculaires. Le grade de Docteur en Sciences. Université Paris XI. 177 p.
- Moreira, E. JeroenHuising y David E. Bignell. (2012).** Título original de la obra: A Handbook of Tropical Soil Biology Sampling and Characterization of Below-Ground Biodiversity Earthscan en el Reino Unido y Estados Unidos en 2012.
- Pashanasi, B. (2001).** Estudio Cuantitativo de la Macrofauna del Suelo en diferentes sistemas de uso de La tierra en la Amazonía Peruana. Folia Amazónica. Volumen 12. Número1-2: 75 – 97
- Pereira, E. (1993).** Influência de diferentes sistemas de cultivos na densidade populacional de invertebrados terrestres em solo de várzea da Amazônia Central. Amazoniana. Volumen XII. Número (3/4): 495 – 508.
- Pieri, C. (1989).** Fertilité des terres de savanes. Ministère de la Coopération et CIRAD-IRAT. Paris, France.
- Romig, D., M. Garlynd, R. Harris, and K. McSweeney. (1995).** How farmers assess soil health and quality. Journal of Soil and Water Conservation 50(3): 229-236.
- Soil Quality Institute. (1996).** Indicators for soil quality evaluation. USDA Natural Resources Conservation Service. Prepared by the National Soil Survey Center in cooperation with The Soil Quality Institute, NRCS, USDA, and the National Soil Tilth Laboratory, Agricultural Research Service, USA.
- Spain, A., P. Lavelle and A. Mariotti, (1992).** Stimulation of plant growth by tropical earthworms. Soil Biology and Biochemistry 24(12): 1629-1633.
- Storer, T; Usinger, R & Stebbins, R. (1982).** Zoología General. Sexta edición. Ediciones Omega. Barcelona. 955 pp.

- Tapia- Coral, S.C.; Luizao, F.; Wandelli, E. (1999).** Macrofauna da liteira em sistemas agroflorestais sobre pastagens abandonadas na Amazônia central. Manaus. Acta Amazônica, 29 (3): 477-495.
- Tapia-Coral. S. (2004).** Macro-Invertebrados do solo e estoques de carbono e nutrientes em diferentes tipos de vegetação de terra firme na Amazônia Peruana. Tesis de Doutorado. INPA/UFAM. Manaus. 138 p.
- Villalobos, J; Ortiz-Pulido, C; Moreno, N; Pavon-Hernandez, H; Hernandez-Trejo, J; Bello & Montiel, S. (2000).** Patrones de la Macrofauna Edáfica en un Cultivo De Zea Maiz Durante la Fase Post cosecha en “La Mancha”, Veracruz, México. ActaZoológica.Volumen 80: 167-183.
- Villani, M., L. Allee, A. Díaz, and P. Robbins. (1999).** Adaptative strategies of edaphic arthropods. AnnualReviewsEntomology 44: 233-256.
- Vohland, K. and G. Schroth. (1999).** Distribution patterns of the litter macrofauna in agroforestry and monoculture plantations in Central Amazonia as affected by plant species and management. Applied Soil Ecology 13(1): 57-68.
- Wolters, V. and K. Ekschmitt. (1997).** Gastropods, Isopods, Diplopods, and Chilopods: Neglected groups of the decomposer food web. pp. 265-306. In: Benckiser, G. (ed.). Fauna in soil ecosystems: recycling processes nutrient fluxes and agricultural production. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Wolters, V. (2000).**Invertebrate control of soil organic matter stability.Biology and Fertility of Soils 31(1): 1-19.

RESUMEN

La Amazonía es uno de los ecosistemas más complejos del planeta, donde se interrelaciona la flora, fauna (macro y micro), suelo, agua y aire; manteniéndose un ambiente equilibrado, a través de la fertilidad del suelo. Es por ello que el presente trabajo, se ha realizado con el objetivo de determinar la densidad, biomasa y distribución de los macroinvertebrados del suelo en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.), en dos periodos (seco y lluvioso). Se seleccionaron 4 unidades agroecológicas diferentes (CHI, SLD, MET y CMP), donde se utilizó la metodología Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF), se ubicó cinco puntos de muestreo a lo largo de un transecto y separado de 10 m, en cada uno de ellos se colocó un bastidor de 25 x 25 cm. obteniendo una calicata con estratos de hojarasca, 0–10 cm., 10-20 cm. y 20–30 cm. Las muestras obtenidas en campo fueron identificadas y conservadas en el laboratorio de entomología del Instituto de Investigaciones de la amazonia Peruana (IIAP). Se registró una densidad total de 20 649 ind/m², en periodo seco 13 847 ind/m² y en periodo lluvioso 6802 ind/m². En ambos periodos la mayor densidad se presentó en SLD, con 5 792 ind/m² en periodo seco y 4 110 ind/m² en periodo lluvioso. Representado en su mayoría por Haplotaxiada, Isoptera e Hymenoptera. La biomasa total fue de 405,24 g/m², en periodo seco 51,81 g/m² y en periodo lluvioso 353,43 g/m², siendo CMP que presentó mayor biomasa, con 189,94 g/m² y SLD con menor biomasa 14,59 g/m², representado en su mayoría por Haplotaxiada y Diplopoda. En la distribución vertical, los resultados muestran mayor densidad en el estrato de 0-10 cm. con 14 239 ind/m² y en la distribución vertical de biomasa muestra también, que el estrato de 0-10 cm. es más representativo con 371,82 g/m². Los resultados muestran que

mayor densidad se encontró en la unidad agroecológica SLD y mayor biomasa a SLD; también muestra que los macroinvertebrados se distribuyen preferentemente en el estrato de 0-10cm.

Palabras claves: Macroinvertebrados, unidades agroecológicas, densidad, biomasa y distribución vertical.

SUMMARY

The Amazon is one of the most complex ecosystems on earth, where it is interrelated the flora, fauna (macro and micro), soil, water and air, maintaining a balanced environment, through the fertility of the soil. That is why this work has been done with the aim to determine the density, biomass and distribution of the macroinvertebrates of the soil in plantations of cacao (*Theobroma cacao* L.), in two sessions (dry and rainy season). We selected four different agro-ecological units (CHI, SLD, MET and CMP). Where it used the methodology Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF), ranked five sampling points along a separated from 10 m. In each one of them was placed a frame of 25 x 25 cm. getting a pit and/or with layers of leaf litter, 0-10 cm. 10-20 cm and 20-30 cm. The entomology laboratory of the Research Institute of the Peruvian Amazon identified and preserved the samples obtained in the field. There was a total density of 20 649 ind/m², in dry period 13 847 ind/m² and in rainy period 6802 ind/m². In both periods the higher density is presented in SLD, with 5 792 ind/m² in dry period and 4 110 ind/m² in rainy season. Represented in its majority by Haplotaxiada, Isoptera and Hymenoptera. The whole biomass was about 405, 24 g/m², in dry period 51, 81 g/m² and in rainy period 353, 43 g/m², with CMP presented the highest biomass, with 189.94 g/m² and SLD with less biomass 14.59 g/m², represented in its majority by Haplotaxiada and Diplopoda. In the vertical distribution, the results show increased density in the stratum of 0-10 cm with 14 239 ind/m² and in the vertical distribution of biomass also shows, that the stratum of 0-10 cm is more representative with 371.82 g/m². The results show the higher density in the

agroecological SLD unit and higher biomass to SLD; it also shows that the stratum of 0-10cm distributed mainly the macroinvertebrates.

Key words: Macroinvertebrates, agro-ecological units, density, biomass and vertical distribution.

ANEXOS

Anexo 1. Mapa del área de estudio



Anexo 2. Ficha de registro de macroinvertebrados del suelo

TAXÓN	ESTRATOS				TOTAL
	HOJARASCA	0 – 10 cm	10 – 20 cm	20 – 30 cm	
TOTAL					

Anexo 3. Temperatura promedio

Unidades agroecologicas (*)	Temperatuara promedio °C			
	Lluvioso		Seco	
	Mar.	Abr.	May.	Ags. Set. Oct.
CHI	24.24		26.98	
SLD	27.98		33.14	
MET	30.57		37.54	
CMP	30.53		34.81	

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA DEL PERU
DIRECCION REGIONAL DE SAN MARTIN

INFORMACION METEOROLOGICA
PARA: SAMY TORRES PANDURRO
SEGÚN PROFORMA N° 253-DR-9/2014

ESTACION: HLG "HUAYABAMBA"- SOLEDAD

PRECIPITACION TOTAL MENSUAL EN (mm.)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2012	228.2	102.9	245.1	472.9	76.4	55.6	51.3	40.3	118.9	369.8	259.4	72.8	2093.6
2013	133.8	320.7	232.5	102.8	114.4	62.1	14.8	87.5	80.9	134.5	118.9	141.0	1543.9

ESTACION: CO "LAMAS"

PRECIPITACION TOTAL MENSUAL EN (mm.)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2012	127.4	70.2	282.7	257.0	131.0	57.0	45.2	9.4	88.3	244.7	86.8	120.8	1520.5
2013	186.7	88.8	180.4	70.9	103.0	93.7	90.4	120.5	72.7	84.9	129.1	64.3	1285.4

ESTACION: CO "PONGO DE CAYNARACHI"

PRECIPITACION TOTAL MENSUAL EN (mm.)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2012	540.4	350.0	361.7	508.0	522.7	139.1	131.6	31.5	165.3	229.7	295.1	399.5	3674.6
2013	359.5	484.8	464.6	248.6	404.1	246.4	290.5	243.9	190.5	346.3	449.3	178.6	3907.1

ESTACION: CO "CAMPANILLA"

PRECIPITACION TOTAL MENSUAL EN (mm.)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2012	297.9	58.7	189.2	314.1	102.1	57.3	37.6	40.8	127.2	421.7	73.8	145.8	1866.2
2013	282.1	362.7	241.6	100.8	183.5	118.3	62.1	205.4	146.1	328.3	259.0	113.5	2403.4

Ing. M.Sc. Felipe Huamán Solís
DIRECTOR REGIONAL
SENAMHI - SAN MARTIN

Anexo 5. Análisis de suelo

SOLICITANTE : IIAP San Martín (Att. David Laurel Freitas)

PROCEDENCIA : Lamas-Lamas-San Martín

Experm/cultivo actual: cacao

Año : 2013

Número de la muestra				pH	C.E. dS/m	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	ANÁLISIS MECÁNICO				C.I.C. efectiva	C.I.C.	CATIONES CAMBIABLES					Suma de base
											Arena	Limo	Arcilla	CLASE TEXTURAL			Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺ +H ⁺	
Lab.		Campo		med/100																		
13.00	06	0151	CC- CHI	5.05	0.16	0.00	2.21	0.10	<4	39.00	12.96	61.04	26.00	Fra-Arc-Are	2.49		1.31	0.18	0.10	0.00	0.90	1.59
13	06	0154	CC - SLD	6.52	0.13	0.00	3.96	0.18	<4	182.00	48.96	33.04	18.00	Fra-Arc-Are	25.75		23.50	1.71	0.47	0.07	0.00	25.68
13	06	0152	CC - MET	4.67	0.06	0.00	3.79	0.17	<4	103.00	62.96	27.04	10.00	Fra-Arc-Are	30.88		26.42	2.99	0.26	0.00	1.21	29.67
13	06	0153	CC - CMP	5.94	0.10	0.00	5.61	0.25	<4	136.00	48.96	31.04	20.00	Fra-Arc-Are	20.77		19.32	1.02	0.35	0.08	0.00	20.70

MÉTODOS :

TEXTURA	: HIDROMETRO
pH	: POTENCIOMETRO Suspensión Suelo-Agua relación 1:2.5
CONDUCT. ELECTRICA	: CONDUCTIMETRO Suspensión Suelo-Agua relación 1:2.5
CARBONATOS	: GAS - Volumétrico
FOSFORO	: OLSEN MODIFICADO EXTRACT. NaHCO ₃ =0.5M , pH 8.5 Esp. Vis
POTASIO	: OLSEN MODIFICADO EXTRACT. NaHCO ₃ 0.5M o Acetato de Amonio 1 N , pH 8.5 Esp. Absorción Atómica
MATERIA ORGANICA	: WALKLEY y BLACK y sobrelimite por gravimetría (>10%)
CALCIO Y MAGNESIO	: EXTRACT. KCl 1N o Acetato de Amonio 1N Esp. Absorción Atómica
ACIDES INTERC.	: EXTRACT. KCl 1N, Volumetría

Ing. MSc. Luis Zúñiga Cernades
Especialista Suelos ICT

Nota: el laboratorio no se responsabiliza por la metodología aplicada para la toma de la muestra del presente reporte